

# สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์



นางสาวกมลวรรณ เทพธรรานนท์  
นายพัฒนพงษ์ สุวรรณ



T031640

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

1/1

1321

85/2540

เลขหน้.....

เลขทะเบียน..... 31640

วัน, เดือน, ปี..... 19 พ.ค. 2541


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


หัวข้อโครงการพิเศษ                      การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์  
โดย    นางสาวกมลวรรณ เทพชานนท์  
    นายพัฒนพงษ์ สุวรรณ  
ภาควิชา    ฟิสิกส์ประยุกต์  
อาจารย์ที่ปรึกษา                                ผศ.ดร.วราวุฒิ เถลัดดา  
    อาจารย์ภัทริยา กิตติเดชาชาญ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
อนุมัติให้โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

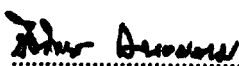
  
.....  
    หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์  
(รศ.สุรพล รัทวิชัย)

คณะกรรมการสอบโครงการพิเศษ

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผศ.ดร.วราวุฒิ เถลัดดา)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์วิชาญ เติชิตธีระ)

..... กรรมการ  
(อาจารย์ภัทริยา กิตติเดชาชาญ)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ปิติพร ถนนอมงาม)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์
โดย	นางสาวกมลวรรณ เทพธรานนท์
ภาควิชา	นาย พัฒนะพงษ์ สุวรรณ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ฟิสิกส์ประยุกต์
	ผศ.ดร.วราวุฒิ เกาลัดดา
	อาจารย์ภัทริยา กิตติเดชาชาญ
ปีการศึกษา	2540

### บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อทำการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์โดยใช้อุปกรณ์รับแสงสร้างประจุ (CCD) เป็นตัวรับแสงเลเซอร์จากแหล่งกำเนิดแสงและใช้วิดีโอการ์ดทำการแปลงสัญญาณวิดีโอจาก CCD ให้เป็นสัญญาณดิจิทัลเก็บข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อจะทำการวิเคราะห์โดยใช้ภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลและวิเคราะห์สัญญาณแล้วแสดงผลออกมาในลักษณะภาพจำลองการโปรไฟล์และภาพสามมิติเพื่อใช้ในการปรับโหมดของเลเซอร์ได้

Special Project Title	Software Development for Laser Beam Profiler
Name	Miss Kamonworanee Theptaranonth Mr.Pattanopong Suwan
Special Project Advisor	Assistant Professor Dr.Warawoot Thowladda Miss Patariya Kittidachachan
Department	Applied Physics
Academic Year	1997

### Abstract

The software for laser beam analysis has been developed. The image of laser beam will be detected by CCD camera. The video card converts the video signal of CCD camera to digital signal and transfer to microcomputer. C++ compiler language was used to develop the program that process the detected image data. The developed software can show the cross section and 3-D surface plot of laser beam. By the software, the transverse mode of laser beam can be studied.

## กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้ สำเร็จได้ด้วยดีด้วยความร่วมมือ และช่วยเหลือ สนับสนุนจากบุคคลต่าง ๆ ซึ่งต้องขอขอบคุณบุคคลดังต่อไปนี้ .

บิดา - มารดา ตลอดจนผู้มีอุปการะคุณทุกท่านที่ได้ให้กำเนิด เลี้ยงดู ให้การศึกษาและช่วยเหลือในทุกๆด้าน

ผศ.ดร. วราวุฒิ เกาลัดดา ที่คอยให้ความช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาแนะนำเป็นแนวทาง และติดตามผล จนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

อาจารย์ภัทรียา กิตติเดชาชาญ ที่คอยให้คำแนะนำตลอดจนคอยถามไถ่ถึงความคืบหน้าของโครงการพิเศษ

คุณพิษณุ วัฒนรงค์ , คุณ รัชณี นูรพพานิชย์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำงานและช่วยเหลือด้านรายงานฉบับนี้

คุณสุรชาติ กมลดิกล ที่เอื้อเฟื้อช่วยถ่ายภาพและช่วยเหลือให้คำปรึกษา

คุณรัตนสุดา ทองแดง ที่คอยให้คำปรึกษาและคอยถามไถ่ถึงความคืบหน้าอยู่เสมอ

ท้ายที่สุดขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้ความสนใจคอยไต่ถามและให้กำลังใจจนโครงการพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

กมลวรรณ เทพรานนท์

พัฒนพงษ์ สุวรรณ

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญรูป	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์	5
- เลเซอร์มีเดียม	5
- ประชากรผกผัน	6
- การป้อนกลับออปติคัลเรโซเนเตอร์	7
- เสถียรภาพของออปติคัลเรโซเนเตอร์	7
ระบบเลเซอร์	8
เลเซอร์โหมด	10
- แอกลีเยิลโหมด	10
- ลองกิวติโนล - ทรานส์เวิร์สโหมด	13
การพัฒนาทรานส์เวิร์สโหมด	14
- ทรานส์เวิร์สโหมดด้วยกระจกระนาบขนาน	14
- ทรานส์เวิร์สโหมดโดยการใช้กระจกโค้ง	17
- การกระจายที่ว่างของทรานส์เวิร์สโหมด	18
- ความถี่ของทรานส์เวิร์สโหมด	18
บทที่ 3 อุปกรณ์รับแสง ( CCD )	20
- แบบส่งทั้งเฟรม	23
- แบบเลื่อนส่งทีละแถว	23
บทที่ 4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณวิดีโอเพื่อส่งเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	25
บทที่ 5 โครงสร้างของโปรแกรมและบิตแมป	27
บิตแมป	27
โปรแกรมวิเคราะห์ภาพและการประมวลผล	28
การใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	30
- การติดตั้งโปรแกรม	30
- การติดตั้งส่วนฮาร์ดแวร์	30
- การใช้งานโปรแกรม	30

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 ขั้นตอนการทดลอง	32
ผลการทดลอง	34
บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	37

ภาคผนวก ก โปรแกรม

ภาคผนวก ข Data sheet

เอกสารอ้างอิง

ประวัติผู้ทำโครงการพิเศษ



## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนภาพการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์	1
รูปที่ 2.1 ออปติคัลเรโซเนเตอร์กระจก M1, M2 ปิดด้านหัวท้ายของระบบ มีค่าการสะท้อนกลับ R1, R2	7
รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงระบบเลเซอร์(laser system) ที่ประกอบด้วยระบบ ทางอิเล็กทรอนิกส์	9
รูปที่ 2.3 รูปแบบจำลองทางกายภาพ(Physical Model) ของเลเซอร์	9
รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดสเปกตรัมของแสงเลเซอร์(laser output) อันเนื่องมาจากการรวมเลเซอร์ไลซ์เซฟ(laser transmit lineshape) และแอมป์เชี่ยลโหมด	12
รูปที่ 2.5 ลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมา(laser output) $TEM_{mn}$ ที่ค่า m และ n ต่างๆกันไป	13
รูปที่ 2.6 กระจกกลมคู่ขนานให้เป็นช่องว่างเมื่อใช้สูตร Frenel-Kirchhoff กับเลเซอร์ควาิตี้	14
รูปที่ 2.7 ความเท่ากันของช่องว่างของกระจกทั้งสองที่สะท้อนในเลเซอร์ควาิตี้	15
รูปที่ 2.8 เศษส่วนของกำลังที่สูญเสียต่อการส่งผ่านกับเลข Fresnel ของเลเซอร์ควาิตี้	18
รูปที่ 2.9 แสดงทรานส์เวิร์สโหมดสองโหมดและส่วนของความยาวกว่าของ off-exit mode	19
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ CCD	20
รูปที่ 3.2 แสดงการเกิด CCD	22
รูปที่ 3.3 แสดงการแบ่งเป็นเฟรมและแบบส่งทีละเส้น	24
รูปที่ 4.1 แผนภาพการแปลงสัญญาณวิดีโอเพื่อส่งเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์	25
รูปที่ 4.2 แสดงอุปกรณ์วิดีโอการ์ด	26
รูปที่ 5.1 แสดง flow chart การวิเคราะห์ภาพและการประมวลผล	29
รูปที่ 6.1 แสดงภาพการจัดอุปกรณ์	32
รูปที่ 6.2 แสดงภาพการยิงเลเซอร์	32
รูปที่ 6.3 แสดงภาพการจับภาพด้วย CCD	33
รูปที่ 6.4 แสดงภาพผลการทดลองที่ถ่ายได้จริง $TEM_{10}$	34
รูปที่ 6.5 แสดงการโปรไฟล์แบบ 2 มิติของ $TEM_{10}$	34

## สารบัญรูป (ต่อ)

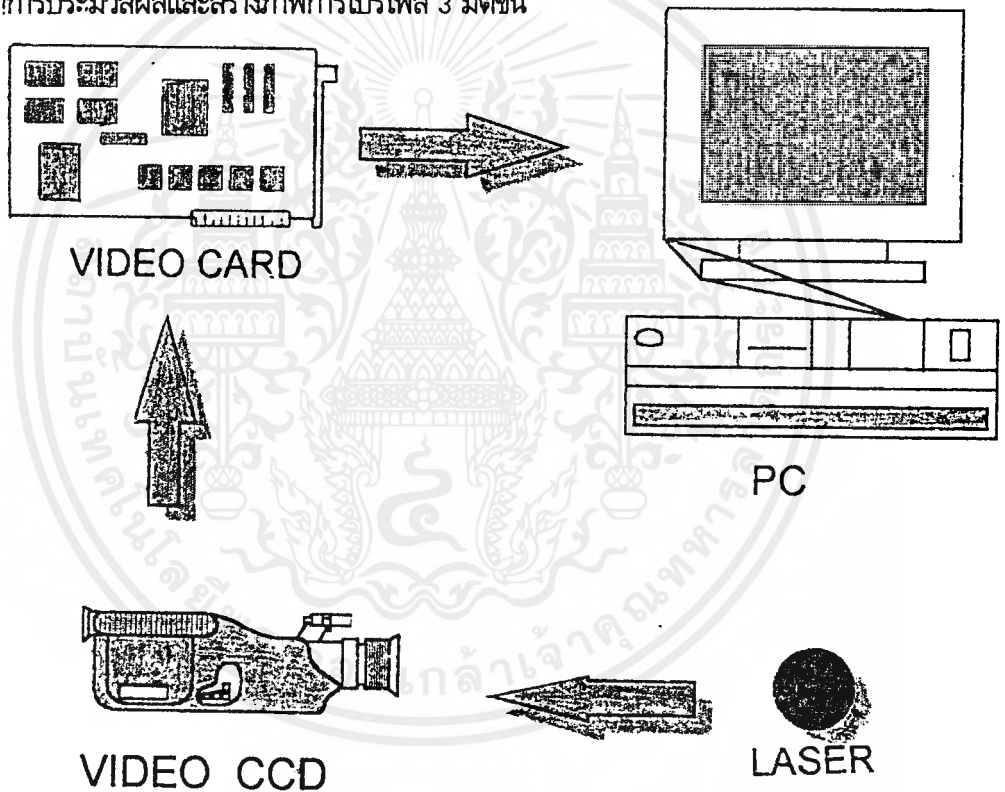
	หน้า
รูปที่ 6.6 แสดงภาพจำลอง 3 มิติของ TEM <sub>10</sub>	35
รูปที่ 6.7 แสดงภาพผลการทดลองที่ถ่ายได้จริงของ TEM <sub>11</sub>	35
รูปที่ 6.8 แสดงการโปรไฟล์แบบ 2 มิติของ TEM <sub>11</sub>	36
รูปที่ 6.9 แสดงภาพจำลอง 3 มิติของ TEM <sub>11</sub>	36



# บทที่ 1

## บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเลเซอร์ได้พัฒนาไปอย่างมากได้มีการประยุกต์ใช้งานเลเซอร์อย่างกว้างขวาง ทั้งในด้านการแพทย์ งานทางด้านวิทยาศาสตร์ อุตสาหกรรม และด้านความบันเทิง ในโครงการพิเศษ การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ ใช้วิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของลำแสงเลเซอร์ทั้งขนาดของลำแสงและลักษณะการกระจายพลังงานของลำแสง เพื่อให้ได้เลเซอร์ที่มีคุณภาพดีเหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน โดยยิงเลเซอร์ไปที่กล้อง CCD เพื่อจับภาพโหมดของเลเซอร์แล้วทำการเก็บข้อมูลแปลงสัญญาณวิดีโอเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลและสร้างภาพการโปรไฟล์ 3 มิติขึ้น



รูปที่ 1.1 แผนภาพแสดงการทำงานของเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

จากรูปจะเห็นว่า ในโครงการพิเศษนี้ประกอบด้วยส่วนสำคัญๆ ดังนี้

1. Laser (He-Ne laser)
2. CCD
3. VDO card (Aver commander 2)
4. Computer (Super VGA ขึ้นไป)
5. turbo C++ version 3.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เลเซอร์ (LASER)

เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีความเข้มสูง มีความยาวคลื่นเดียวเป็นแสงโคฮีเรนต์ ประกอบด้วย เลเซอร์มีเดียม, ประชากรผกผัน, ออปติคัลเรโซเนเตอร์ เลเซอร์มีโหมด 2 โหมด คือ โหมดความยาว ( Axial mode ), โหมดตามขวาง ( Transverse mode ) ในโครงการพิเศษนี้ใช้ เลเซอร์ฮีเลียม - นีออน

## อุปกรณ์รับแสง CCD ( Charge Coupled Device )

เป็นอุปกรณ์ที่เรานำมาประยุกต์ใช้ในการเป็นตัวรับแสงเลเซอร์ CCD ที่ใช้จะให้สัญญาณวิดีโอออกมา ซึ่งสัญญาณนี้เป็นสัญญาณของภาพของลำแสงเลเซอร์ที่เราต้องการ CCD เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานเหมือน ชิฟท์รีจิสเตอร์ ที่ใช้ในการเลื่อนประจุเป็น IC หน่วยความจำที่มีความจุมากชนิดหนึ่ง

## อุปกรณ์แปลงสัญญาณวิดีโอ เป็นดิจิทัล VDO card ( Aver Commamnder 2 )

เป็นอุปกรณ์เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแปลงสัญญาณวิดีโอเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วย VDO card (Aver Commander)แล้วแสดงภาพบนจอคอมพิวเตอร์แบบเหมือนจริงได้

## โปรแกรม Turbo c++

เป็นโปรแกรมสำหรับนำมาช่วยพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

## ไมโครคอมพิวเตอร์ (Microcomputer)

ในการพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์นี้ใช้การ์ดจอเป็น Super VGA ขึ้นไป เป็นอุปกรณ์พัฒนาโปรแกรมและแสดงผลออกทางหน้าจอ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน

## วัตถุประสงค์โครงการพิเศษ

1. เพื่อสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ชนิดลำแสงต่อเนื่อง กำลังงานต่ำ
2. ศึกษาคุณภาพของลำแสงสีแดงของเลเซอร์ฮีเลียม-นีออน
3. ศึกษาคุณภาพของลำแสงอินฟราเรด ซึ่งตามองไม่เห็นของเลเซอร์ไดโอดที่ใช้ในการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสง
4. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทรานส์เวิร์สโหมดของเลเซอร์
5. เพื่อนำความรู้ทางฟิสิกส์มาสร้างเครื่องมือวัดที่มีประโยชน์
6. สามารถใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวช่วยในการควบคุมและแสดงผล

## ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในโครงการพิเศษนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนฮาร์ดแวร์และส่วนซอฟต์แวร์

### 1. การทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์

- การเลือกซื้ออุปกรณ์รับแสง CCD และ VDO card ที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการสำหรับการใช้งาน
- ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ในโครงการพิเศษดังนี้
  - LASER (He-Ne laser)
  - CCD
  - VDO card
- ต่ออุปกรณ์ VDO card และ CCD เข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ทั้ง 3 ว่ามีความสัมพันธ์กันถูกต้องหรือไม่

### 2. การทำงานในส่วนซอฟต์แวร์

- ทำการเขียนโปรแกรมซึ่งใช้ในการหาโปรไฟล์ของเลเซอร์ที่แท้จริง จากนั้นเก็บข้อมูล และแสดงผลในลักษณะต่าง ๆ
- ทดสอบการทำงานของโครงการพิเศษทำการโปรไฟล์เลเซอร์เก็บข้อมูลเข้าไมโครคอมพิวเตอร์และนำข้อมูลที่เก็บได้มาทำการแสดงผลต่างๆของแต่ละทรานส์เวิร์สโหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถสร้างเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ได้
2. สามารถใช้เครื่องวิเคราะห์ลำแสง วิเคราะห์คุณภาพของลำแสงเลเซอร์ จะทำให้เลือกใช้เลเซอร์ที่เหมาะสมกับงานหรือหลีกเลี่ยงการใช้เลเซอร์ที่มีคุณภาพไม่เหมาะสมกับงานนั้นๆ
3. เป็นแนวทางในการพัฒนาเครื่องวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์แบบพัลส์กำลังงานสูงต่อไป
4. เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีและทรัพยากรมนุษย์ขึ้นในประเทศ
5. ประหยัดเงินตราต่างประเทศ

### หน่วยงานที่สามารถนำโครงการพิเศษนี้ไปใช้ประโยชน์

1. ห้องปฏิบัติการทางแสงในมหาวิทยาลัยและสถาบันวิจัย
2. ห้องปฏิบัติการวิจัยของรัฐบาลและเอกชนที่มีการประยุกต์ใช้เลเซอร์ในงานต่างๆ
3. โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการผลิตหรือตรวจสอบคุณภาพเลเซอร์
4. ห้องปฏิบัติการที่มีการสอบเทียบทางแสง

## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์

#### ทฤษฎี

#### 2.1 ทฤษฎีพื้นฐานของเลเซอร์

องค์ประกอบที่สำคัญในการทำให้เกิดเลเซอร์ออกมาได้นั้นก็คือ

- สารเลเซอร์หรือเลเซอร์มีเดีย
- การทำให้เกิดประชากรผกผัน
- การป้อนกลับ (Feedback) ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (optical Resonator)

##### 2.1.1 เลเซอร์มีเดีย (Laser medium)

สารเลเซอร์ที่เป็นระบบอะตอมหรือระบบโมเลกุล แล้วสามารถผลิตแสงเลเซอร์ออกมาจากตัวมันได้ โดยขบวนการstimulated emission เราเรียกตัวกลางประเภทนี้ว่า “แอคทีฟเลเซอร์มีเดีย (active laser medium)” การเปลี่ยนแปลงของระบบอะตอมของตัวกลางทำมาจากการปรากฏการณ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในตัวกลางนั้น ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแบบstimulated absorption) stimulated emission) และspontaneous emission) การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวนี้เกิดขึ้นในแอคทีฟเลเซอร์มีเดีย (active laser medium) โดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวมันเองกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในการนี้ทำให้เกิดประชากรผกผันขึ้น และส่งผลให้เกิดมีการขยายของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากstimulated emission) โดยตัวกลางนั้นและเราสามารถคำนวณหา “เกน” ได้ และเราพบว่าเมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งผ่านเลเซอร์มีเดียนี้ ความเข้มจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นการจะหาหรือทำให้เกิดเป็นแอคทีฟเลเซอร์มีเดีย (active laser medium) นั้น มิใช่จะทำได้กับวัตถุทุกชนิด จำเป็นต้องมีเทคนิคในการทำให้เกิดประชากรผกผันอีกด้วย การทำให้เกิดประชากรผกผันขึ้นได้นั้น เราจำเป็นต้องกระตุ้นโดยการให้พลังงานแก่อะตอมหรือโมเลกุลของเลเซอร์มีเดีย โดยวิธีการที่เรียกว่า “การปั๊ม (pumping)”

### 2.1.2 ประชากรผกผัน (population inversion)

สภาพประชากรผกผันนี้ หมายถึง จำนวนอะตอมหรือโมเลกุลของ  $N_2$  ในระดับค่าพลังงาน  $E_2$  มีค่ามากกว่าจำนวนอะตอมหรือโมเลกุล  $N_1$  ในระดับค่าพลังงาน  $E_1$  โดยที่  $E_2 > E_1$  สภาวะการณ์เช่นนี้เป็นสภาวะการที่ผิดปกติ (abnormal) ที่วัตถุทั่วไปมีสภาพสมดุลทางความร้อน (Thermal equilibrium) และเป็นการขัดต่อหลักของโบลซ์มาน (Boltzmann's principle) ซึ่งตามหลักของโบลซ์มานแล้ว เมื่อวัตถุอยู่ในสมดุลความร้อนที่อุณหภูมิ ( $T = 300K$ ) วัตถุจะมีสภาวะ  $N_1 \ll N_2$  เมื่อ  $E_2 > E_1$  การที่จะทำให้ สภาวะ  $N_2 > N_1$  เมื่อ  $E_2 > E_1$  นั้นเป็นการยาก เพราะวัตถุจะมีสภาพผิดปกติ (abnormal) เราเรียกว่าสภาพประชากรผกผัน (Population inversion condition) หรือสภาพอุณหภูมิเป็นลบ (Negative Temperature) เราจะศึกษาถึงวิธีการที่ทำให้เกิดประชากรผกผันต่อไป

การเกิดประชากรผกผัน (Generation of Population inversion) การเกิดประชากรผกผันนี้สามารถทำได้โดยเพิ่มพลังงานให้แก่อะตอมเพื่อที่จะกระตุ้นให้ไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่า และมีจำนวนมากกว่าด้วย วิธีการเพิ่มพลังงานนี้เรียกทั่วไปว่า การปั๊ม (pumping) เราจะต้องเพิ่มพลังงานให้กับอะตอมในเลเซอร์มีเดียโดยวิธีการพิมพ์พิง และให้วัตถุนั้นอยู่ในสภาพไม่สมดุลทางความร้อน (non-thermal equilibrium) เพื่อที่จะทำให้เกิด  $N_2 > N_1$  วิธีการดังกล่าวมีได้หลายวิธี ซึ่งได้แสดงไว้ในที่ต่าง ๆ กันแล้วแต่ชนิดของเลเซอร์และสภาวะของเลเซอร์มีเดียที่น่ามาใช้

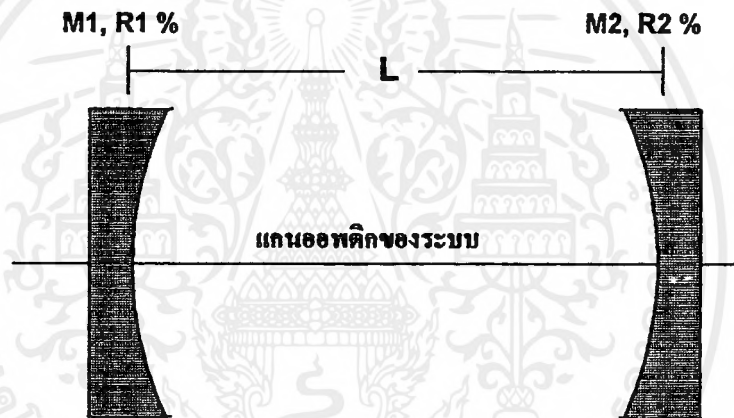
การทำให้เกิดการขยายคลื่นไมโครเวฟ โดยขบวนการstimulated emission และใช้สภาพของประชากรผกผันมาช่วย คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ถูกขยายออกมาในย่านนี้ถูกเรียกว่าเมเซอร์ (MASER) ซึ่งย่อมาจาก Microwave Amplification by Stimulated Emission Radiation ในเวลาต่อมาเมเซอร์จะที่มีความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในย่านที่ตาเปล่ามองเห็นได้ และในที่สุดก็ถูกเรียกชื่อใหม่เป็นเลเซอร์ (LASER) ย่อมาจาก Light Amplification by Stimulated Emission Radiation จนถึงปัจจุบัน

### 2.1.3 การป้อนกลับ (Feedback) ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator)

หากเราสามารถทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากstimulated emission ผ่านเลเซอร์มีเดี่ยมหลายรอบในขณะที่เกินมากกว่า 0 แล้วเราจะได้ความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงมากในระดับ  $10^6$  เท่า

#### ออปติคัลเรโซเนเตอร์(Optical Resonator)

เนื่องจากมีความจำเป็นที่ต้องเพิ่มความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้มากขึ้นที่จะทำให้เกิดแสงเลเซอร์พลังงานสูงต้องอาศัยออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator) ซึ่งจะเป็นระบบเรโซเนเตอร์ทางแสงที่ประกอบด้วยกระจก  $M_1$  และ  $M_2$  ปิดด้านหัวและท้ายของระบบ ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ออปติคัลเรโซเนเตอร์กระจก  $M_1, M_2$  ปิดด้านหัวท้ายของระบบมีค่าสะท้อนกลับ  $R_1, R_2$

กระจก  $M_1, M_2$  ส่วนมากจะเป็นกระจกโค้ง ,เว้า หรือกระจกระนาบผิวเรียบเป็นพิเศษ และเคลือบด้วยสารไดอิเล็กทริกที่มีค่าสะท้อนกลับ (Reflectivity)  $R_1$  และ  $R_2$  ตามลำดับออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator) มีหน้าที่ทำการป้อนกลับ (feedback) คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าให้วิ่งผ่านเลเซอร์มีเดี่ยมหลายรอบซึ่งจะทำให้ความเข้มของแสงที่ผ่านเลเซอร์มีเดี่ยมถูกขยายให้มากขึ้นอย่างรวดเร็ว

### 2.1.4 เสถียรภาพของออปติคัลเรโซเนเตอร์ (Stability of Optical Resonator)

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะเคลื่อนที่ผ่านเลเซอร์มีเดี่ยมภายในออปติคัลเรโซเนเตอร์ และจะสะท้อนกลับไม่กลับมาที่กระจก  $M_1$  และ  $M_2$  ของเรโซเนเตอร์ อย่างไรก็ตามในการพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวกับการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าภายในเรโซเนเตอร์นั้นเราสมมติว่าทุกอย่างเป็นไปด้วยดีไม่เกิดมีการล้นออก (spilt over) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวออกมานอกเรโซเนเตอร์ในทางปฏิบัติหรือการออกแบบสร้างออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์แล้ว จำเป็นต้องมีการออกแบบออปติคัลเรโซเนเตอร์ให้เหมาะสมทุกประการ มิฉะนั้นจะเกิดการสูญเสีย (Loss) ของพลังงานไปมากซึ่งจะต้องทำการกระตุ้นให้พลังงานแก่เลเซอร์มีเดียอย่างมาก อาจจะทำให้เกิดการเสียหายแก่เลเซอร์มีเดียและอุปกรณ์อื่นๆ หากจะทำการกระตุ้นอย่างรุนแรงแก่เลเซอร์มีเดีย

## 2.2 ระบบเลเซอร์ (Laser system)

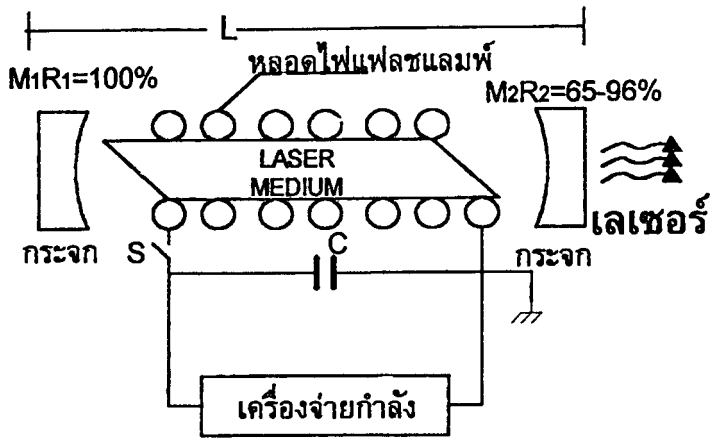
ตามที่ได้กล่าวถึงหลักการของเลเซอร์ไว้ตอนต้นซึ่งระบบเลเซอร์นั้นจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญคือ

เลเซอร์มีเดีย (Laser medium)

ประชากรผกผัน (Population inversion) ในเลเซอร์มีเดีย

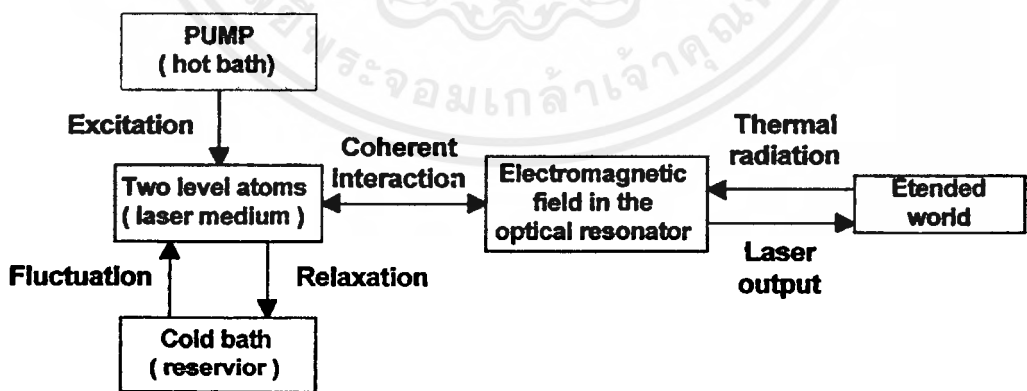
ออปติคัลเรโซเนเตอร์ (optical resonator) เพื่อทำการป้อนกลับ

นอกจากนี้ได้มีการอธิบายถึง การทำให้เกิดสภาวะประชากรผกผันในเลเซอร์มีเดียโดยวิธีการกระตุ้นให้พลังงานแก่อะตอมและโมเลกุลของเลเซอร์มีเดียวิธีการนี้เรียกว่า การปั๊ม (Pumping) ซึ่งในกรณีนี้จำเป็นต้องมีเครื่องจ่ายกำลัง (Power supply) จ่ายกำลังงานให้แก่หลอดไฟแฟลช (Flash lamp) หรือจ่ายกำลังงานให้อิเล็กตรอนในกรณีที่ใช้อิเล็กตรอนดิซชาร์จเพื่อการปั๊ม เป็นต้น ดังนั้นในการทำให้เกิดแสงเลเซอร์ออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบเลเซอร์จึงมีระบบทางแสง-อิเล็กทรอนิกส์หรือที่เรียกว่าระบบออปติคัลอิเล็กทรอนิกส์ (optical electronic system) ซึ่งระบบนี้แสดงไว้ตามรูปที่ 2.2 ระบบเลเซอร์ที่ทั่วไปจะเป็นระบบที่แสดงไว้ดังรูปที่ 2.2 ประกอบด้วย เลเซอร์มีเดียซึ่งอาจจะเป็นแท่งผลึก แก๊สผสมหรือของเหลว (Liquid dye) หรือไอออนของธาตุโดยที่เลเซอร์มีเดียนี้จะถูกจัดอยู่ในออปติคัลเรโซเนเตอร์ที่ประกอบด้วยกระจกเคลือบสารไดอิเล็กทริก  $M_1$  และ  $M_2$  ที่มีค่าสะท้อนกลับ (Reflectivity)  $R_1$  และ  $R_2$  ตามลำดับโดยทั่วไป  $R_1$  จะมีค่าสะท้อนกลับ 100 % และ  $R_2$  มีค่าสะท้อนกลับอยู่ระหว่าง 70 - 98 % ทั้งนี้ยอมขึ้นอยู่กับชนิดของเลเซอร์มีเดีย ระบบอิเล็กทรอนิกส์นั้นเกี่ยวกับเครื่องจ่ายกำลัง (Power supply) ที่จะจ่ายกำลังให้หลอดไฟแฟลชเพื่อการปั๊ม (Pumping) เลเซอร์ให้กำเนิดมีประชากรผกผันเมื่อทุกองค์ประกอบของระบบอยู่ในสภาพถูกต้อง เมื่อเปิดสวิตช์ให้เครื่องจ่ายกำลังทำงานแสงเลเซอร์ก็จะเกิดขึ้นและถูกปลดปล่อยออกมาทางกระจก  $M_2$



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงระบบเลเซอร์ (laser system) ที่ประกอบด้วยระบบทางแสง และระบบทางอิเล็กทรอนิกส์ (electronics)

เมื่อแสงเลเซอร์ออกมาจากเรโซเนเตอร์ทางกระจก  $M_2$  แล้วก็จะเกิดมีปฏิสัมพันธ์ (interaction) กับสิ่งแวดล้อมภายนอก (External World) ดังนั้นรูปแบบจำลองทางกายภาพ (Physical Model) ของเลเซอร์จึงไม่ได้เป็นระบบปิด (Close system) ที่ประกอบด้วยเลเซอร์มีเดีย (อะตอมหรือโมเลกุล) และออปติคัลเรโซเนเตอร์เพียงเท่านั้น หากแต่ระบบเลเซอร์เป็นระบบเปิด (Open system) ซึ่งทำปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก และนอกจากนั้นระบบเลเซอร์เป็นระบบที่ไม่มีความสมดุลทางความร้อน (Non-thermal Equilibrium) และเป็นระบบที่เกิดมีการปฏิสัมพันธ์แบบไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear interaction) ระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับอะตอมหรือโมเลกุลและมีการเกี่ยวข้องอย่างมากในเรื่องของโคฮีเร้นซ์ทางแสง (Optical coherence) รูปแบบจำลองทางกายภาพของเลเซอร์นั้นได้ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 รูปแบบจำลองทางกายภาพ (Physical model) ของเลเซอร์

## 2.3 เลเซอร์โหมด (Laser modes)

แสงเลเซอร์ที่ออกมา (Laser output) นั้นประกอบด้วย การกระจายทางแสงสเปกตรัล (spectral broadening) ทั้งนี้เพราะระบบเลเซอร์ประกอบด้วยส่วนสำคัญส่วนหนึ่งก็คือ ออปติคัลเรโซเนเตอร์ซึ่งมีหน้าที่ให้เกิดมีการป้อนกลับของสติมูเลตเต็อดิมิสชั่นที่เกิดจากสารเลเซอร์เพื่อจะให้เกิดมีการขยายของความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดจากสติมูเลตเต็อดิมิสชั่นหลาย ๆ รอบเพื่อทำให้เกิดความเข้มของแสงเลเซอร์ให้ได้มากที่สุดซึ่งแสงเลเซอร์จะประกอบด้วย " โหมด (modes) " ต่างๆ ซึ่งทำหน้าที่แสดงถึงรูปแบบ (Pattern) ของการกระจายของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในเลเซอร์ควิตี้ (laser cavity) โหมดที่เกิดขึ้นในเลเซอร์ควิตี้นั้นเราสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ แอ็กเซียลโหมด (Axial Modes) และทรานสเวิร์สโหมด (Transversal modes) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 2.3.1 แอ็กเซียลโหมด (Axial modes)

ก่อนที่จะมีแสงเลเซอร์ออกมาจากระบบเลเซอร์นั้น ออปติคัลควิตี้ของเลเซอร์จะตั้งอยู่ในสภาพเรโซแนนซ์ซึ่งประกอบด้วยค่าคิว (Q) คือ คออลลิตีแฟคเตอร์ (quality factor Q) ของระบบสูงมากทำให้ระบบนั้นๆ มีประสิทธิภาพสูง

$$Q = 2\pi \times \frac{\text{พลังงานที่ถูกเก็บไว้ในเรโซเนเตอร์}}{\text{พลังงานที่ถูกปล่อยออกมา/คาบ}}$$

โดยปกติในระบบเลเซอร์นั้นค่า Q จะมีค่าประมาณ  $10^5$ - $10^6$  นอกจากนี้ค่า Q ที่สูงจะเกี่ยวข้องกับค่าไลน์วิดท์ (line width) ที่น้อย และค่า Q ที่ต่ำจะเกี่ยวข้องกับค่าไลน์วิดท์ที่มาก ซึ่งความสัมพันธ์นี้แสดงโดยสมการได้คือ

$$Q = \frac{\text{ความถี่เรโซแนนซ์}}{\text{ไลน์วิดท์}}$$

ในการเกิดแสงเลเซอร์นั้นเราจะพบว่า ค่าสูญเสียของพลังงานจะน้อยกว่าค่าแกนของพลังงานในระบบ ดังนั้นจึงมีพลังงานเหลือสะสมอยู่ภายในระบบพร้อมจะปลดปล่อยออกมาได้ ภายหลัง เราจะพบว่าถึงแม้เรโซเนเตอร์จะมีค่า Q สูงก็ตามจะมีค่าความถี่ (ของเรโซเนเตอร์) บางค่าเท่านั้นที่จะสามารถเกี่ยวข้องกับค่า Q สูงนั้นได้ ดังนั้นจะมีเพียงบางค่าความถี่เรโซแนนซ์ของระบบเลเซอร์เท่านั้นที่เป็นความถี่ของแสงเลเซอร์

เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นภายในเรโซเนเตอร์ คลื่นนั้นจะสะท้อนกลับไปมาระหว่างทั้งสองกระจก ดังนั้นการเปลี่ยนค่าเฟส  $\Delta\phi$  (phase change) ทั้งหมด เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งครบหนึ่งรอบ เป็นระยะทาง  $2L$  จะมีค่าเป็น

$$\Delta\phi = 2\pi(2L/\lambda) = 4\pi L/\lambda$$

ถ้า  $\Delta\phi = 180^\circ = \pi$  เราจะได้คลื่นเมื่อเริ่มต้นที่  $M_1$  สะท้อนกลับจากกระจก  $M_2$  คลื่นสะท้อนกลับ (reflected wave) จะมี  $\Delta\phi = 180^\circ$  แตกต่างจากคลื่นเดิมก่อนที่จะสะท้อนที่  $M_2$  จะทำให้เกิดการหักล้างกันหมด และภายในเรโซเนเตอร์จะไม่มีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเลย ดังนั้นก็ จะไม่มีความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) เหลืออยู่ที่จะเอาไปใช้กระตุ้นอะตอมต่าง ๆ (ที่อยู่ในสภาวะประชากรผกผัน) ให้เกิดstimulusเลดเต็อิมิสชันได้เลย ดังนั้นเลเซอร์จึงไม่เกิด แต่ถ้า ทกเราทำให้  $\Delta\phi = 2\pi q$  ซึ่ง  $q=1,2,3,\dots$  แล้ว เราจะได้คลื่นสะท้อนกลับจะมีค่าเฟสเหมือนเดิม ทุกประการ สภาพนี้แสดงว่าคลื่นทั้งสองเป็นอินเฟส (in phase) ซึ่งในสภาพนี้จะไม่มีการหักล้าง เกิดขึ้นระหว่างคลื่นเดิมและสะท้อนกลับ ทำให้เกิดมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสะท้อนกลับไปมาอยู่ในเรโซเนเตอร์ได้ดังนั้น จะมีความหนาแน่นของพลังงาน (energy density) สูง ถูกเก็บไว้ในเรโซเนเตอร์ และพร้อมที่จะไปกระตุ้นให้เกิดstimulusเลดเต็อิมิสชันเป็นแสงเลเซอร์ต่อมา

$$\Delta\phi = 4\pi L/\lambda = 2\pi q$$

$$L = q(\lambda/2)$$

เมื่อ  $L$  เป็นระยะทางระหว่างกระจก  $M_1, M_2$

$\lambda$  เป็นความยาวคลื่นที่เรโซแนนซ์

$q$  เป็นเลขจำนวนเต็ม  $q = 1, 2, 3, \dots$

แต่ละค่า  $\lambda$  ในสมการ จะให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์  $\nu$  (resonance frequency) จะมีค่า  $\lambda$  หรือ  $\nu$  ได้หลายค่าที่อยู่ในขอบข่ายของไลน์เชฟ (line shape)  $g(\nu)$  ของ เลเซอร์ทรานซิสชัน (laser transition) และค่า  $\lambda$  และ  $\nu$  เหล่านั้นจะทำให้เกิดเรโซแนนซ์ใน เลเซอร์ควาวิตี้เมื่อเกิดเรโซแนนซ์ในเลเซอร์ควาวิตี้เราเรียกว่ามีการเซลฟ์เรพพลิเคติง (self replicating) ของคลื่นภายในเลเซอร์ควาวิตี้ซึ่งจะทำให้เลเซอร์ควาวิตี้มีค่า  $Q$  สูง

การเกิดเซลฟ์เรพพลิเคติงของคลื่น ที่ค่าความถี่เรโซแนนซ์ต่าง ๆ นั้นจะทำให้ เกิดลักษณะของความหนาแน่นของพลังงาน (pattern of energy stored) ภายในเรโซเนเตอร์ ลักษณะของการกระจายของความหนาแน่นพลังงานนี้เราจะเรียกว่าลองกิวติดิแนลโหมด (longitudinal mode) หรือ แอ็กเซียลโหมด (Axial mode) ของเรโซเนเตอร์นั้นๆ เพื่อเป็นการสะดวกในการกล่าว ถึงแอ็กเซียลโหมดเราจะกล่าวถึงความถี่เรโซแนนซ์ที่เกี่ยวข้องกับแอ็กเซียลโหมดแทน ดังนั้นความถี่ ของแอ็กเซียลโหมดจะมีค่าเป็น

$$\nu = c / \lambda = c / (2L/q) = q(c/2L)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นแต่ละแอมป์เซียมโทมจะมีความถี่  $\nu_q$  เป็น

$$\nu_q = q(c/2L)$$

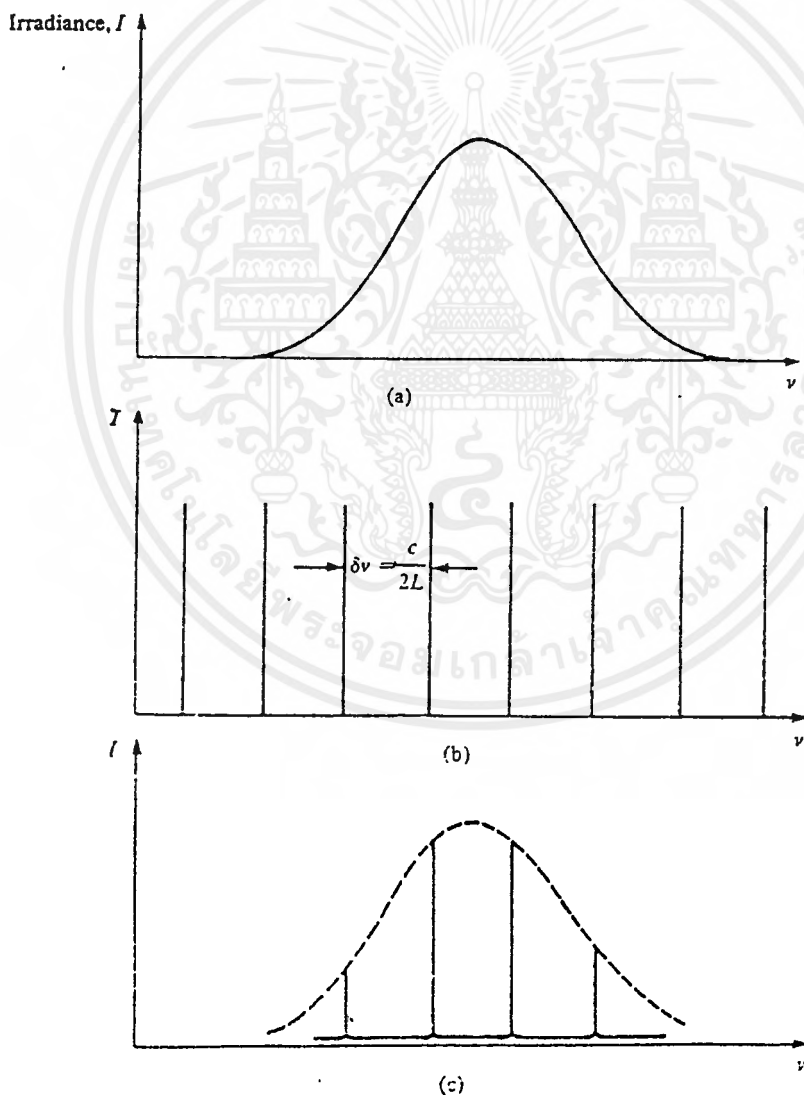
ซึ่ง  $\nu_q$  จะมีความถี่เรโซแนนซ์ของเลเซอร์ควิตี

เนื่องจากความถี่เรโซแนนซ์ของเลเซอร์ควิตีนั้นมีหลายค่าและมีระยะทางเท่าๆ กัน เราจะได้ระยะห่างระหว่างความถี่เป็น

$$\Delta\nu = \nu_{q+1} - \nu_q = (q+1)(c/2L) - (c/2L)$$

$$\Delta\nu = c/2L$$

เป็นที่น่าสังเกตว่า  $\Delta\nu$  ขึ้นกับค่า  $L$  ซึ่งเป็นระยะทางระหว่างกระจก  $M_1$  และ  $M_2$  และ  $\Delta\nu$  ไม่ขึ้นกับค่า  $q$  อีกด้วย



รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดสเปกตรัมของแสงเลเซอร์ (laser output) อันเนื่องมาจากการรวมเลเซอร์ไลน์เซฟ (laser transit lineshape) และแอมป์เซียมควิตีโทม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 ลองกitudinal-ทรานส์เวิร์สโหมด (Longitudinal-Transverse Modes)

เนื่องจากออปติคัลเรโซเนเตอร์ของระบบเลเซอร์ประกอบด้วยกระจก  $M_1$  และ  $M_2$  ซึ่งอยู่ห่างกันเป็นระยะทาง  $L$  ดังนั้นเรโซเนเตอร์จึงมี 3 มิติ ผลรวมในการเกิดเรโซเนเตอร์ของออปติคัลเรโซเนเตอร์นั้นประกอบด้วย แอ็กเซียลโหมดและทรานส์เวิร์สโหมด ซึ่งเราเรียกรวมเป็นลองกitudinal-ทรานส์เวิร์สโหมด (Longitudinal-Transverse Mode) เราพบว่าความถี่เรโซเนเตอร์ของเลเซอร์ควิตีจะขึ้นกับจำนวนเต็ม 3 จำนวนคือ  $m, n, q$  และเขียนได้เป็น  $V_{mnq}$

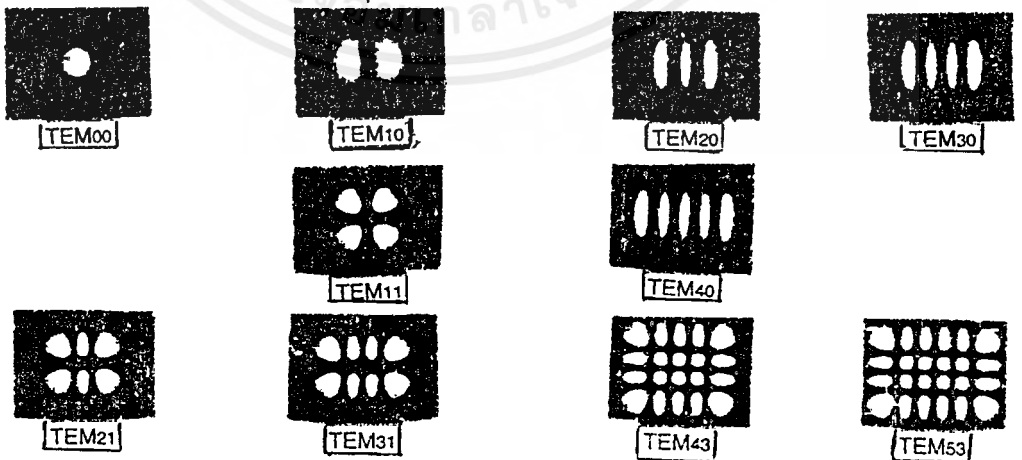
$$V_{mnq} = \frac{[q + (m+n+1) \cos^{-1} \sqrt{g_1 g_2}] C}{\pi 2L}$$

เมื่อ  $m, n, q$  เป็นเลขจำนวนเต็ม :  $g_1, g_2$  เป็นพารามิเตอร์ของประจำ  $M_1, M_2$   
 ในกรณีที่  $g_1 = g_2$  และ  $L/R \ll 1$  สมการจะเปลี่ยนเป็น

$$V_{mnq} \approx \frac{[q + (m+n+1) \frac{\sqrt{2L}}{R}] C}{\pi 2L}$$

โดย  $q$  เป็นตัวเลขจำนวนเต็มเกี่ยวข้องกับแอ็กเซียลโหมด  
 $m, n$  เป็นตัวเลขจำนวนเต็มเกี่ยวข้องกับทรานส์เวิร์สโหมด

ดังนั้นค่าโหมด (modes) ต่างๆของเลเซอร์ที่ออกมา จะเขียนได้เป็น  $TEM_{mnq}$  โดยที่ TEM ย่อมาจาก Transverse Electro-Magnetic เนื่องจาก  $q$  มีค่ามาก ดังนั้นในทางปฏิบัติเราจะเขียน  $TEM_{mn}$  แทน  $TEM_{mnq}$  และจะใช้แต่เพียงตัวเลข  $m$  และ  $n$  การกระจายของพลังงานของแสงเลเซอร์ที่ออกมาเนื่องจากมีโหมดแตกต่างกันรูปที่ 2.5 แสดงลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมาในกรณีที่  $m$  และ  $n$  ต่าง ๆ กันไป



รูปที่ 2.5 ลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ออกมา (laser output)  $TEM_{mn}$  ที่ค่า  $m$  และ  $n$  ต่าง ๆ กันไป

## 2.4 การพัฒนาทรานสเวิร์สโหมด

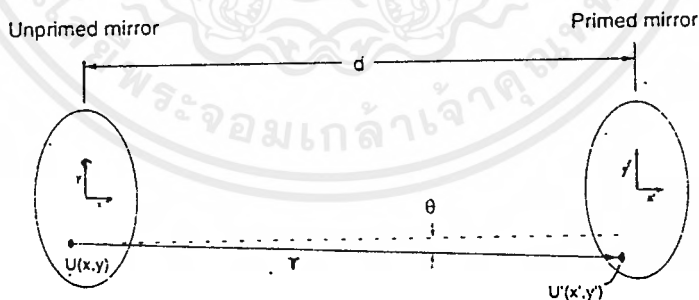
### 2.4.1 การพัฒนาทรานสเวิร์สโหมดในควาวิตี้ด้วยกระจกขนานขนาน

เราจะพิจารณากระจกกลมขนาด 2 แผ่นมีระยะห่างเป็น  $d$  แสดงดังรูป เราจะพิจารณาการกระจายของแสงเริ่มต้นที่ตำแหน่งใดๆ บนกระจกแรก แผ่รังสีตรงไปยังอีกแผ่นและจากนั้นสะท้อนกลับมากที่สุดๆ หนึ่งบนกระจกอันแรก ที่สถานะ steady state "โหมด" ถูกพัฒนาการกระจายแอมพลิจูดของแสงบนกระจกแรกต้องมีที่ว่างทรานสเวิร์สเหมือนกัน ขึ้นอยู่กับที่กระจกอันที่สองด้วย ดังนั้นเราจะพิจารณาฟังก์ชันจุดกำเนิด  $U(x,y)$  ที่จุด  $(x,y)$  บนกระจกอีกอัน โดยที่ผลรวมของการกระจายของการแผ่รังสีจากทุกๆ จุดที่ออกจากกระจกอันแรก เดินทางมาถึงตำแหน่ง  $(x,y)$  บนกระจกอันที่สอง จุดกำเนิดนี้อยู่  $(x,y)$  ก็จะมีแผ่รังสีกลับไปที่กระจกอันแรกที่สุดๆ โดยที่มีฟังก์ชันแอมพลิจูด  $U'(x',y')$  บนกระจกนั้นหลังจากเดินทางด้วยระยะทาง  $r$  เราจะให้

$$r = (d^2 + (x' - x)^2 + (y' - y)^2)^{1/2} \quad (1)$$

และ  $\theta$  เป็นมุมระหว่าง  $d$  กับ  $r$

ตอนนี้เราต้องการอธิบายการกระจายของการแผ่รังสี  $U'(x',y')$  ของกระจกแรก เพราะผลของการแผ่รังสี  $U(x,y)$  ของกระจกสอง (ที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจนจากการแผ่รังสีจากกระจกแรก) มันจะง่ายขึ้นสำหรับการนำสูตรของ Fresnel - Kirchhoff มาใช้ ถ้ากระจกทั้งสองวางดังรูป 2.6 สำหรับกระจกขนานภาพที่ได้จากทั้งสองกระจก เป็นรูปที่เกิดขึ้นของช่องว่างของกระจก แต่ละช่องว่างห่างระยะ  $d$  จากขบวนการช่องว่างกระจกแสดงดังรูปที่ 2.7

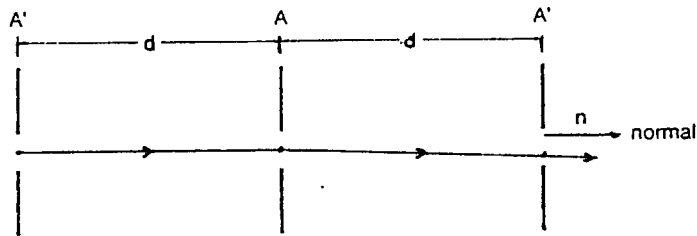


รูปที่ 2.6 กระจกกลมคู่ขนานให้เป็นช่องว่างเมื่อใช้สูตร Fresnel-Kirchhoff กับเลเซอร์ควาวิตี้

ดังนั้นการกระจายอะไร  $U'(x',y')$  ที่ช่องว่างกระจกแรก เป็นผลจากการกระจาย  $U(x,y)$  ที่ช่องว่างกระจกอีกอันจะได้ สมการสำหรับสถานการณ์นี้

$$U'(x',y') = -\frac{ik}{4\pi} \iint_A U(x,y) \frac{e^{ikr}}{r} (\cos \theta + 1) dx dy \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ภายใต้การดูแลของศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่สามารถนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารได้



รูปที่ 2.7 ความเท่ากันของช่องว่างของกระจกทั้งสองที่สะท้อนในเลเซอร์ควิต

ที่  $U'(x', y')$  เป็นฟังก์ชันแอมพลิจูดที่กระจกแรกบนรูป 2.6 เป็นผลจากการแผ่รังสี จากกระจกสองที่กลับมาเกิดกับกระจกแรกของรูป ในกรณีนี้ใช้สมการ(2) แหล่งกำเนิดจุด สมมติให้เป็นสมมาตรกับช่องว่างแรกและ  $\cos(n, r) = \cos \theta$

เราหาผลเฉลยสำหรับในกรณีที่แสงกลับไปมาระหว่างกระจกหลายๆ ครั้ง ดังนั้นเราจะหาฟังก์ชันอธิบายแสงที่เกิดขึ้นที่กระจกซ้าย (ไม่ใช่กระจกแรก) ของรูป 2.6 และส่งผ่านไปทางด้านขวาโดยไม่เปลี่ยนรูปร่างทวนสเวิร์สของฟังก์ชันแอมพลิจูด ความเท่ากันนี้ในรูป 2.7 แสดงออกจากช่องว่างซ้าย 'A' ผ่านไปช่องว่างอีกอัน A และมากที่ช่องว่างขวา 'A' โดยไม่เปลี่ยนรูปร่าง (ถึงแม้ว่าลดค่าแฟกเตอร์  $\gamma$ ) ักให้เป็นสมการกรณที่ที่เหมาะสมของตัว ขยายเลเซอร์ ดังนั้นเพียงฟังก์ชันที่ทำ จะนำสู่สู่ค่าแสง steady state ภายในตัวขยาย เราต้องรวมถึงความเป็นไปได้ของการลดแอมพลิจูดที่ทุกค่า  $x'$  และ  $y'$  ซึ่งอธิบายได้ด้วยการเลี้ยวเบน การลดแอมพลิจูดและการสูญเสียจากการสะท้อนของกระจก การดูดซึมและการกระจายเกิดขึ้นโดยแกนของตัวขยายเลเซอร์

ดังนั้นเราต้องการผลเฉลย 2 ฟังก์ชันที่สัมพันธ์กัน คือ  $U$  และ  $U'$  ตาม ( $U' \propto U$ ) ทุก ๆ จุด  $(x', y')$  บนกระจกแรก เราสามารถอธิบายโดยใช้ค่าคงที่  $\gamma$

$$U'(x', y') = \gamma U(x', y') = \iint U(x, y) K(x, y, x', y') dx dy, \quad (3)$$

และ

$$K(x, y, x', y') = -\frac{ik}{4\pi} (\cos \theta + 1) \frac{e^{ikr}}{r}. \quad (4)$$

สมการ (3) เป็นสมการอินทิกรัล  $U$  โดย  $K$  เป็น kernel ของสมการ และ  $\gamma$  เป็นค่าไอเกน ค่า  $\gamma$  ในการวิเคราะห์นี้ไม่สัมพันธ์กับ  $\gamma$  ในส่วนอธิบายถึงอัตราจลนประจุ เราใช้  $\gamma$  นี้เป็นองค์ประกอบของการอธิบายทฤษฎีในเรื่องนี้

มีค่าผลเฉลย  $U_n$  และ  $\gamma_n$  ในสมการ (3) แต่ละชุดเกี่ยวข้องกับค่าเฉพาะ  $n$  ที่  $n$  สามารถเป็นค่า  $n=1, 2, 3, \dots$  ผลเฉลยนี้เป็นของโหมดปกติของเรโซเนเตอร์ถูกอ้างถึงเป็นทวนสเวิร์ส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด แทนการกระจายแอมพลิจูดของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศทางตามขวาง: กับการแพร่ของลำแสงเลเซอร์ภายในเรโซเนเตอร์

พวกเราจะอธิบาย  $\gamma_n$  ด้วยแอมพลิจูดและเฟสแพกเตอร์

$$\gamma_n = |\gamma_n| e^{i\phi_n} \quad (5)$$

ที่  $|\gamma_n|$  เป็นอัตราส่วนของการกระจายแอมพลิจูดหลังจากผ่านเรโซเนเตอร์แล้ว 2 ครั้ง จากระจกอันแรกไปอีกอันถัดไป และ  $\phi_n$  แทนเฟสที่เลื่อนไปได้ พลังงานที่สูญเสียต่อพลังงานการส่งผ่าน จะมีค่าเป็น

$$\text{loss/transit} = 1 - |\gamma_n|^2 \quad (6)$$

ที่  $|\gamma_n|^2$  แทนค่าสังสองของแอมพลิจูดของสนามหรือความเข้มของการแผ่รังสี ผลเฉลยของสมการ (2) ได้จากทวิภาคโดย kernel ของมัน

$$K(x, y, x', y') = C e^{-ik_1(xx'+yy')} \quad (7)$$

ที่ C และ  $k_1$  คงที่. ตอนนี้เราเขียนสมการ (3) ใหม่เป็น

$$\gamma U(x', y') = C \iint_A U(x, y) e^{ik_1(xx'+yy')} dx dy \quad (8)$$

ในสมการนี้มันจะเห็นว่า  $U(x, y)$  เป็นฟูเรียร์ทรานสฟอร์ม ผลเฉลยที่ง่ายที่สุดของฟังก์ชันเป็นฟังก์ชัน Gaussian

$$U(x, y) = e^{-r^2/w^2} = e^{-(x^2+y^2)/w^2} \quad (9)$$

ที่  $w$  เป็นสเกลคงที่ และ  $\rho^2 = x^2 + y^2$  เป็นระยะทางรัศมีกับตำแหน่งบนกระจาก จากจุดศูนย์กลางบนกระจาก ฟังก์ชัน  $U(x, y)$  นี้ ให้การกระจายต่าง ๆ ของแอมพลิจูดสนามไฟฟ้าบนกระจากที่ตำแหน่ง  $(x, y)$  การอธิบาย Gaussian (สมการ 9) การกระจายสมมาตรที่ลดระยะ  $\rho$  จากจุดศูนย์กลางของกระจาก ( $\rho=0$ ) เทอม  $w$  ในการอธิบายนี้แทนค่า  $\rho$  ที่แอมพลิจูดสนามไฟฟ้าลดลงถึงค่าของ  $1/e$  จากศูนย์กลางของกระจากหรือค่าของที่ค่า  $\rho$  ความเข้มของลำแสงลดลงเป็น  $1/e^2 = 0.86$  ของค่าที่ศูนย์กลางกระจาก (เพราะความเข้มเป็นสังสองของกำลังสองของแอมพลิจูดสนาม)

ฟังก์ชันที่เป็นการแปลงฟูเรียร์สามารถเขียนให้ปกติทั่วไปเป็นผลลัพธ์ของ Hermite Polynomial และการกระจาย Gaussian ของสมการ (9)

## สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

$$U_{pq}(x, y) = H_p\left(\frac{\sqrt{2}x}{w}\right) H_q\left(\frac{\sqrt{2}y}{w}\right) e^{-(x^2+y^2)/w^2} \quad (10)$$

ในผลเฉลยนี้  $p$  และ  $q$  เป็นจำนวนเต็มที่ทำให้เป็นอันดับของ Hermite polynomial ดังนั้นทุกๆ ชุดของ  $(p, q)$  แทนการกระจายที่เหมาะสมของแอมพลิจูดที่กระจุกอันหนึ่งหรือโหมดตามขวางเฉพาะของควิตี้ที่ผนังเปิด เราสามารถใช้ Hermite polynomial ตามนี้

$$\begin{aligned} H_0(u) &= 1, & H_1(u) &= 2u, \\ H_2(u) &= 2(2u^2 - 1), \\ H_m(u) &= (-1)^m e^{u^2} \frac{d^m(e^{-u^2})}{du^m}, \end{aligned} \quad (11)$$

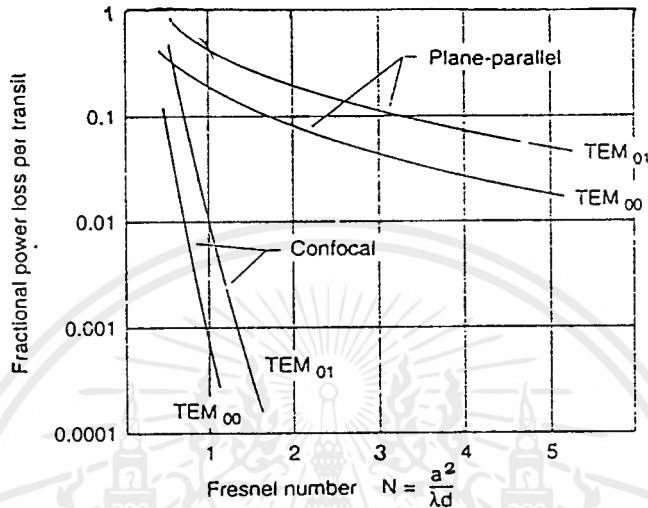
ที่  $u$  เป็นเทอมหนึ่งหรือเทอมอื่นๆ ของเทอม  $\sqrt{2x}/w$  หรือ  $\sqrt{2y}/w$  จาก (สมการ 10) เราให้การกระจายโหมดตามขวางเป็น  $TEM_{pq}$  ที่ TEM เป็นแม่เหล็กไฟฟ้าตามขวาง (transverse electromagnetic) โหมดอันดับที่ต่ำสุดเป็น  $TEM_{00}$  ดังนั้นโหมดสามารถถูกเขียนเป็น  $TEM_{pq}$  ที่  $n$  เป็นเลขล่องกิทูดัลโหมด เพราะเลขล่องกิทูดัลโหมดปกติจะใหญ่มากสำหรับความถี่ทางแสง ปกติไม่ต้องเขียนก็ได้ ยกตัวอย่างสำหรับแก๊สเลเซอร์ที่แยกกระฉาก  $d=0.5\text{m}$  กระทำที่ความยาวคลื่นสีเขียว  $500\text{nm}$  เราจะมี  $n=2dv/c = 2d/\lambda = (2 \times 0.5\text{m}) / (5 \times 10^{-7}\text{m}) = 2 \times 10^6$  ที่เรลสมมติ  $\eta \approx 1$  สำหรับแก๊สเลเซอร์ มันจึงไม่เหมาะสมอย่างชัดเจนด้วยที่จะรวมเลขล่องกิทูดัลไว้ใน TEM

### 2.4.2 ทรานส์เวิร์สโหมดโดยการใช้กระฉากโค้ง

แม้ทรานส์เวิร์สโหมดที่ได้ศึกษามาแล้วนั้นพิจารณากระฉากระนาบคู่ขนานที่อยู่ตอนปลายทั้งสองของตัวขยายเลเซอร์ อย่างไรก็ตามการใช้กระฉากโค้งหรือกระจกรูปรางกลมถูกพิจารณาต่อมาในการพัฒนาเลเซอร์ควิตี้ การวิเคราะห์ก็เป็นคล้ายกับที่ผ่านมาโดยใช้ลำแสงเลเซอร์อยู่ระหว่างกระฉากโค้ง การใช้กระฉากโค้งทำให้คิดว่าถ้าลำแสงถูกโฟกัสหลังจากแต่ละการสะท้อนจากนั้นค่าของแอมพลิจูดลำแสงโคสิซอของกระฉากจะถูกทำให้ลดลง ดังนั้นการลดลงของแอมพลิจูดลำแสงขึ้นอยู่กับการสูญเสียการเลี้ยวเบน.

การวิเคราะห์ถูกสร้างมาเพื่อเปรียบเทียบการสูญเสียจากการเลี้ยวเบนสำหรับทั้งกระฉากระนาบคู่ขนานและกระฉากโค้ง Fresnel number หรือ confocal parameter  $N = a^2 / \lambda d$  ถูกใช้โดยที่  $a$  เป็นรัศมีของกระฉาก (หรือการจำกัดที่กระฉาก)  $\lambda$  เป็นความยาวคลื่นเลเซอร์ และ  $d$  เป็นระยะแยกห่างของกระฉาก สำหรับควิตี้ที่เป็นกระฉากระนาบคู่ขนาน การสูญเสียของการเลี้ยวเบน อธิบายเป็นอัตราเศษส่วนของกำลังที่สูญเสียต่อที่ผ่านไปทั้งเรโซเนเตอร์ แสดงในรูป 2.8 พล็อตระหว่างเลข Fresnel ( $N$ ) ของ  $TEM_{00}$  และ  $TEM_{01}$  ดังนั้นแสดงว่าเป็นกราฟของการสูญเสียกับที่ผ่านควิตี้ทั้งหมด (กระฉากโค้งเป็น confocal cavity) โดยรัศมีความโค้งของกระฉากเพียงพอกับ

ระยะแยกทรงกระบอก  $d$  กรณีนี้การสูญเสียจากการเลี้ยวเบนจะเห็นว่าต่ำกว่าในเรโซแนนซ์-เตอร์ทรงกระบอก ระบายคู่ขนาน โดยเฉพาะสำหรับควาวิตีที่เลข Fresnel ใหญ่กว่า ดังนั้นผลที่ออกมา กระบอกเลเซอร์ ตอนนี้ที่ใช้จะมีความโค้งกว่ากระบอกมากไปกว่านั้นความเป็นเส้นตรงของกระจกโค้งจะมากกว่ากระบอกคู่ขนาน



รูปที่ 2.8 เศษส่วนของกำลังที่สูญเสียต่อการส่งผ่านกับเลข Fresnel ของเลเซอร์ควาวิตี

### 2.4.3 การกระจายที่ว่างของทรานส์เวิร์สโหมด

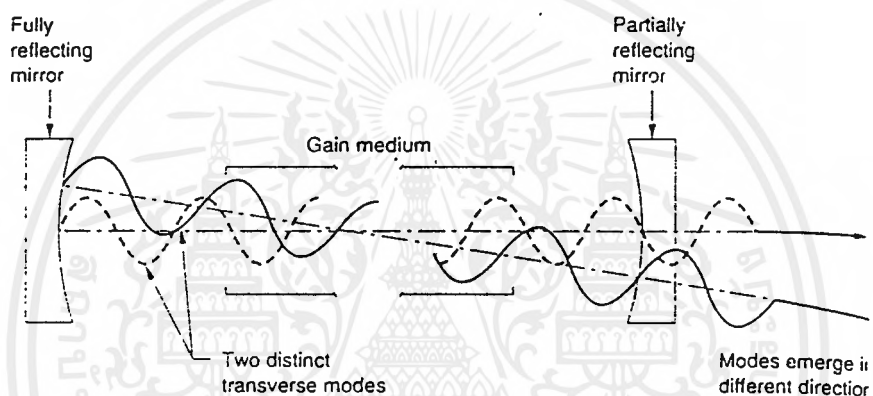
เราได้สนามไฟฟ้าตามขวางของโหมดของกระบอกเลเซอร์ ที่อธิบายได้ด้วยผลลัพ์ของ Hermite polynomial และฟังก์ชันพื้นฐานของ Gaussian อธิบายใน(สมการ10) ถ้าไม่มีการแผ่รังสี การสูญเสียไม่สมมาตรควาวิตี เช่นที่เป็นโดยมุม Brewster (อธิบายสั้นๆ) จากนั้นลำแสงเลเซอร์ที่จะพัฒนาภายในควาวิตีเป็นวงกลมสมมาตรและกลายเป็นแบบรูปร่างค่อนข้างกลม การกระจายโหมดตามขวางของกระจกโค้งจะใกล้เคียงกับที่กระบอกคู่ขนาน และพวกเขาจะใช้การกระจายที่ได้ใน (สมการ 10) และ (11) ทั้งสองกรณี

### 2.4.4 ความถี่ของทรานส์เวิร์สโหมด

ที่ผ่านมาได้อธิบายว่าลองกitudินัลโหมดเพราะเป็นโหมดที่มีส่วนทางแสงเหมือนกันภายในควาวิตี แต่ความถี่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับเลขโหมด  $n$  ความแตกต่างของทรานส์เวิร์สโหมดคือโหมดที่มีเหมือนหรือต่างกันของค่า  $m$  (เลขเดียวกันกับลองกitudินัลโหมด) แต่  $p$  หรือ  $q$  (และ)  $q$  ซึ่งมีความแตกต่างกันทางแสงความยาว  $d$  กับมุมแตกต่างของการกระจายแอมพลิจูดภายในควาวิตี ตามการกระจายทรานส์เวิร์สโหมดในสมการ (10) โหมดจำนวนมากมักจะมีค่าความถี่ที่ต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติหน้าไปไซประโยชน์ด้านกรค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะค่า  $d$  ที่ต่างกันเปิดความแตกต่างของความถี่ระหว่างสองโหมดใหญ่กว่าความแตกต่างของความถี่ของทรานส์เวิร์สโหมด อย่างไรก็ตาม ในควิตี้ที่มี 2 กระจกนั้น คลื่นนิ่งก็จะเกิดขึ้นเสมอที่นำไปสู่สองโหมดใหญ่ทั้งหมด ดังนั้นทุกๆ ทรานส์เวิร์สโหมด ถ้าตรวจสอบในโดเมนความถี่ จะพบว่าประกอบด้วย 1 สองโหมดใหญ่หรือมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับค่า  $d$  ระหว่างกระจกและแกนแนววิถีของเลเซอร์ด้วย ตัวอย่างของทรานส์เวิร์สโหมดที่แตกต่างกัน 2 โหมด มีความถี่ที่ต่างกัน แสดงดังรูป 2.9 ที่ 2 ทรานส์เวิร์สโหมดมีส่วนของความยาวที่แตกต่างกันภายในควิตี้ โหมด off-axis ไม่คำนึงถึงว่าทรานส์เวิร์สไม่ได้จำเป็นตามส่วนของเส้นตรงระหว่างกระจกดังแสดงในรูป ยกตัวอย่าง TEM<sub>10</sub> การกระจายโหมดตามการเดินทางส่วนโค้งระหว่างกระจก



รูปที่ 2.9 แสดงทรานส์เวิร์สโหมดสองโหมดและส่วนของความยาวยาวกว่าของ off-axis mode

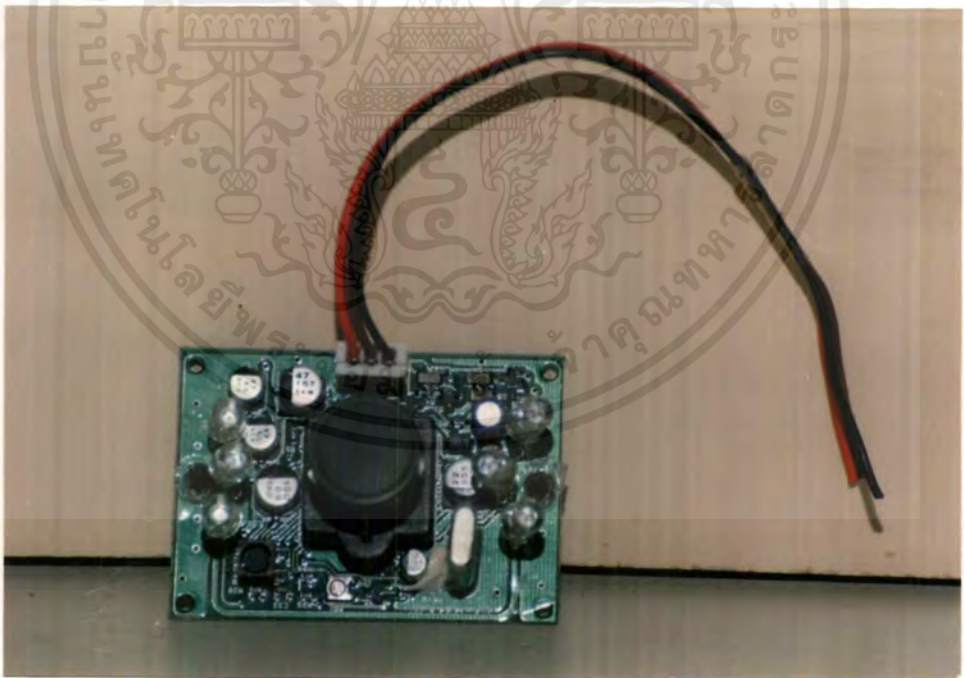
## บทที่ 3

## อุปกรณ์รับแสง “Charge Coupler Device”

CCD เป็นอุปกรณ์ที่เรานำมาประยุกต์ใช้ในการเป็นตัวรับแสงเลเซอร์ซึ่งอุปกรณ์  
ชิ้นนี้เราซื้อมาเป็นอุปกรณ์สำเร็จรูป

CCD ที่เรานำมาใช้เป็น CCD ซึ่งจะให้สัญญาณวิดีโอออกมาซึ่งสัญญาณนี้เป็น  
สัญญาณของภาพของลำแสงเลเซอร์ที่เราต้องการแต่เนื่องจากสัญญาณวิดีโอเป็นสัญญาณอนาล็อก  
เราจึงจำเป็นต้องมีวงจรที่สามารถแปลงสัญญาณนี้เป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ใน  
คอมพิวเตอร์ต่อไป

เนื่องจากช่องที่ใช้รับภาพของ CCD นั้นเล็กมากถ้าเรานำไปใช้กับเลเซอร์ที่มีขนาด  
ของลำใหญ่ เราอาจจะต้องใช้ฉากเป็นตัวรับแสงก่อนแล้วจึงนำ CCD มารับแสงจากฉากอีกทอดหนึ่ง  
ซึ่งฉากที่จะนำมาใช้อาจใช้กระดาษขาวธรรมดาก็ได้



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ CCD

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

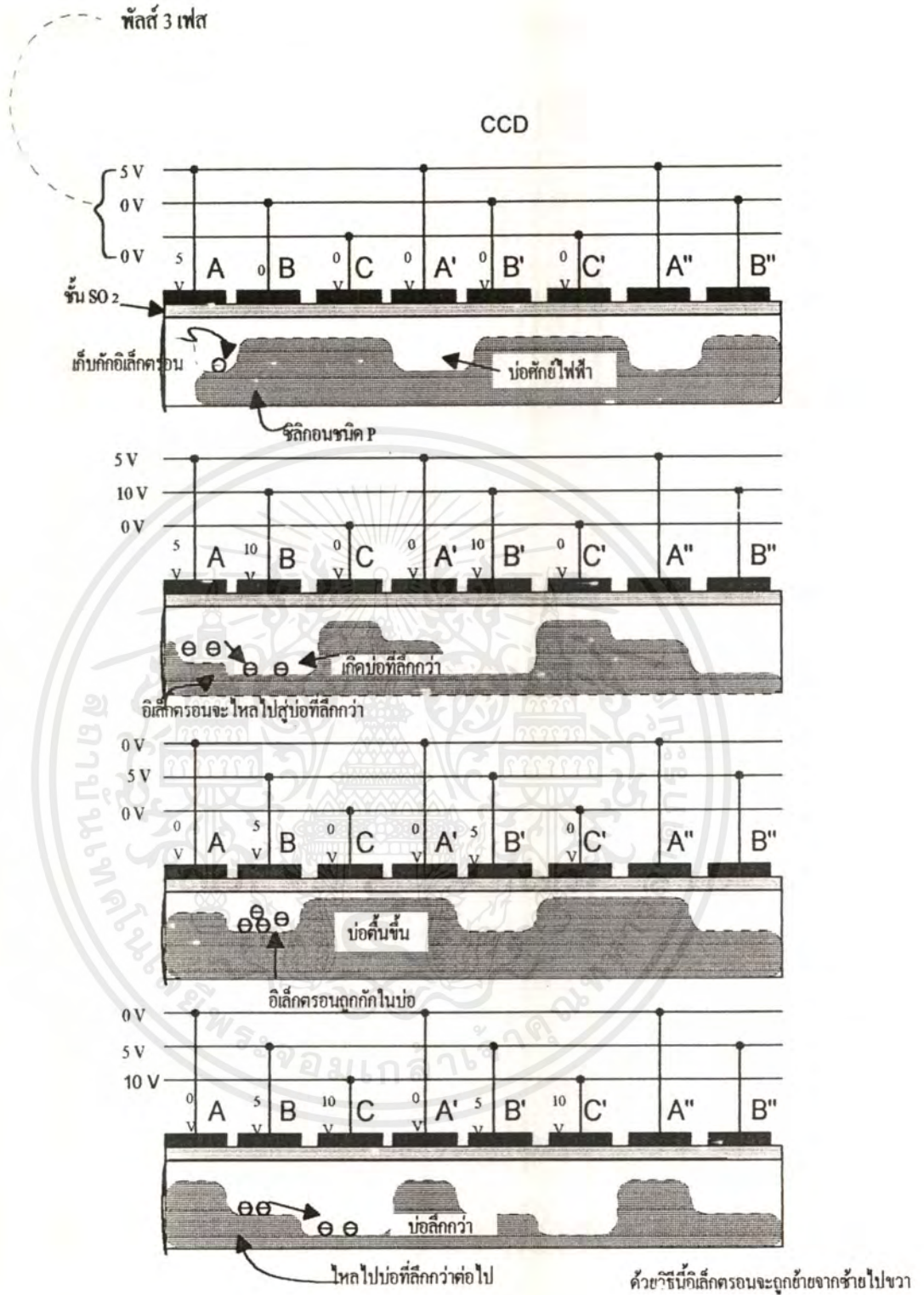
CCD (Charge Coupled Device) เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานเหมือนกับชิปที่รีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเลื่อนประจุ เป็นไอซีหน่วยความจำที่มีความจุมากชนิดหนึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในรูป 3.2 บนแผ่นฐานสารกึ่งตัวนำจะมีชั้นฉนวน และบนชั้นฉนวนจะมีแผ่นโลหะเป็นขั้วไฟฟ้าเรียงต่อ ๆ กัน เป็นตัว MOS - FET หลาย ๆ ตัวต่อกับตัวเก็บประจุ

ตามตัวอย่างในรูป บนแผ่นฐานซิลิกอนชนิด P จะสร้างชั้น  $\text{SiO}_2$  และฉาบผิวด้วยไอโลหะอะลูมิเนียมเพื่อสร้างแผ่นขั้วไฟฟ้า A, B และ C 3 ชุดเรียงกันไป แผ่นขั้ว  $A < A'$ ,  $A''$ , B, B', B'', C, C', C'' จะเชื่อมถึงกันและต่อกับสัญญาณพัลส์ 3 เฟส

ครั้งแรกดูตามรูปที่ 3.2 เมื่อมีพัลส์เข้าที่ขั้ว A, A' และ A'' แรงดัน 5V จะปรากฏที่ขั้วไฟเหล่านั้น แรงดันนี้จะผลักให้โฮลในชั้น P ให้ออกไปจากบริเวณใกล้ ๆ ขั้วไฟฟ้า นั้น เกิดเป็นบริเวณที่ปราศจากประจุ คือ depletion layer บริเวณนี้จะมีคุณสมบัติเหมือนกับบ่อศักย์ไฟฟ้า (Potential Well) ที่สามารถเก็บกักอิเล็กตรอนที่ถูกฉีดเข้ามาในบริเวณนี้ ไม่ว่าอิเล็กตรอนนั้นจะมาจากภายนอกหรือจากผลของแสงก็ตาม

ต่อมาในรูป (2) เมื่อมีพัลส์ที่แผ่นขั้ว B, B' และ B'' เป็นพัลส์ที่มีแรงดันสูงกว่า A ก็จะทำให้เกิดเป็นบริเวณที่ปราศจากประจุลึกกว่าที่เกิดที่ขั้ว A ทำให้อิเล็กตรอนที่ถูกกักไว้ในบริเวณใต้แผ่นขั้ว A ไหลเข้ามาที่ใต้แผ่นขั้ว B เป็นการโยกย้ายอิเล็กตรอนไปสู่บริเวณที่มีศักย์สูงกว่า ต่อไปสัญญาณพัลส์จากรูป (3) จะเหลือแต่ที่ขั้ว B ส่วนที่ขั้ว A จะหายไป บริเวณที่ปราศจากประจุใต้แผ่นขั้ว B จะตื้นลง แต่ก็ยังคงกักอิเล็กตรอนทั้งหมดอยู่ในบริเวณนี้

ในรูปที่ (4) สัญญาณพัลส์จะปรากฏที่ขั้ว C เหมือนกรณีแรก คือมีแรงดันสูงกว่าที่ขั้ว B ก็จะดูดอิเล็กตรอนที่อยู่ใต้ขั้ว B ให้มาอยู่ใต้ขั้ว C ทั้งหมด



รูปที่ 3.2 แสดงการเกิด Charge Coupled Device

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าทำให้ CCD เป็นตัวรับแสง แสงที่จกกระทบก็จะสร้างประจุตามความเข้มของแสง ประจุเหล่านี้สามารถเคลื่อนออกไปเป็นสัญญาณออกได้ตามหลักการทำงานของ CCD ภาครับแสงและภาคเคลื่อนข้อมูลนี้จะแยกตัวจาก CCD เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาของแสงที่เข้ามาซึ่งจะมีผลต่อประจุภายในขณะที่ถูกเลื่อน

### 3.1 แบบส่งทั้งเฟรม

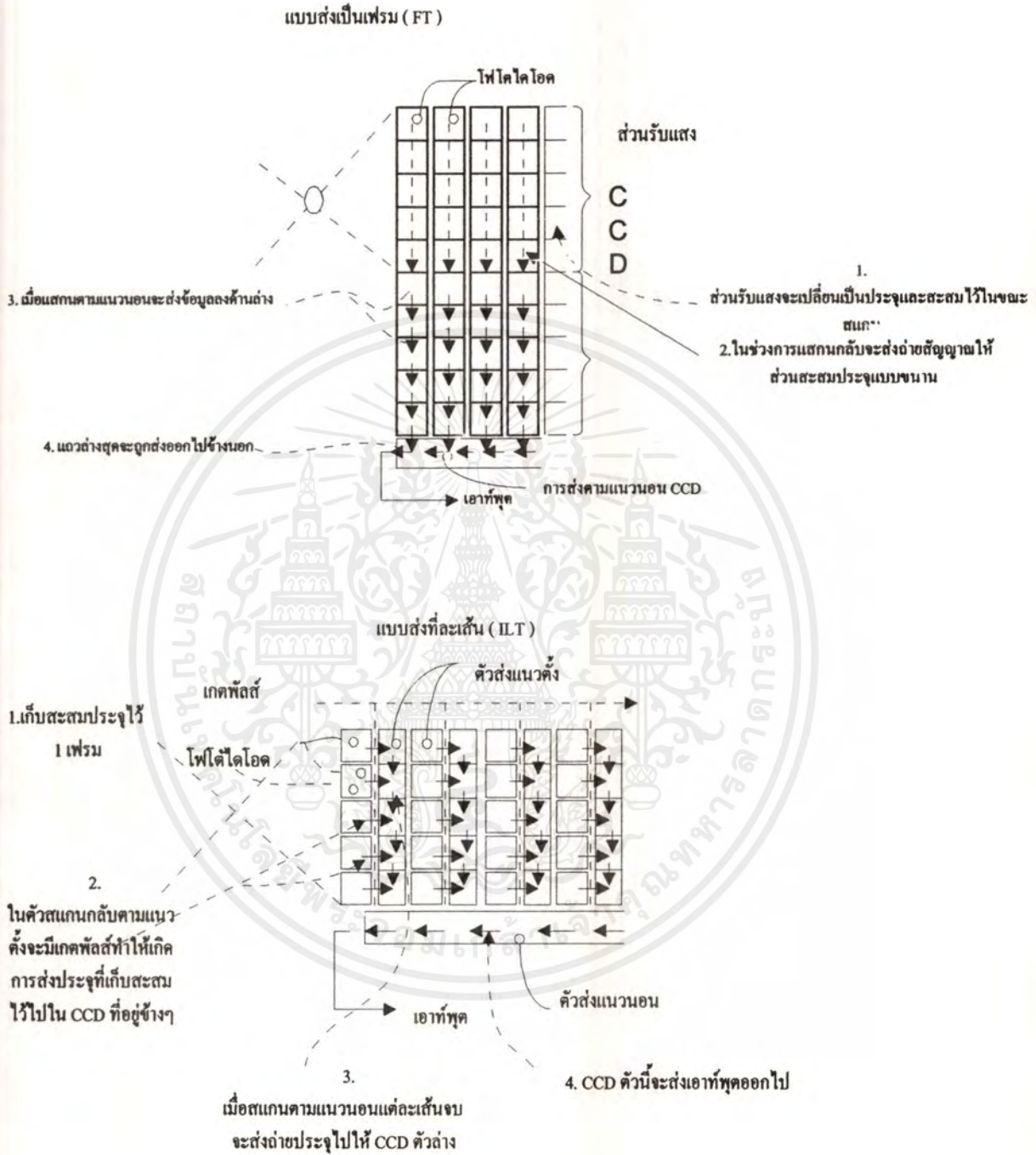
CCD แบบนี้จะมีอยู่ 2 ส่วนคือ ส่วนที่มีตัวรับแสง และส่วนที่เก็บสะสมประจุ โดยส่วนที่เก็บสะสมประจุนี้จะเป็นส่วนที่ไม่โดนแสง

การสแกนสัญญาณภาพ 1 จอภาพเรียกว่า 1 เฟรม (frame) ส่วนรับแสงจะสร้างประจุจากแสงและยังคงเก็บสะสมประจุนั้นไว้เมื่อจบการสแกนในเฟรมและจะเริ่มสแกนใหม่จากด้านบนซ้ายของจอภาพ ในช่วงนั้นจะส่งถ่ายประจุที่เก็บสะสมไว้ในส่วนรับแสงให้กับส่วนเก็บประจุพร้อมกันทีเดียวทุกเซลล์ในส่วนเก็บประจุสะสม จะเลื่อนประจ่ออกไปเป็นสัญญาณออกทีละแถวโดยเริ่มจากแถวล่างสุด เมื่อเลื่อนจบหนึ่งแถว ประจุจากแถวบนจะเลื่อนมาที่แถวล่างถัดไป แถวล่างก็จะถูกเลื่อนไปเป็นสัญญาณออกเป็นเช่นนี้เรื่อย ๆ จนหมดทุกแถว หรือหนึ่งจอภาพ

### 3.2 แบบเลื่อนส่งทีละแถว

แบบนี้จะใช้โฟโตไดโอดเป็นตัวรับแสง และจับคู่กับ CCD ที่อยู่ข้างๆ เมื่อโฟโตไดโอดเปลี่ยนแสงเป็นประจุก็จะเก็บสะสมประจุไว้ในช่วง 1 เฟรม เมื่อจบเฟรมการสแกนก็จะวิ่งกลับจากจุดล่างสุดมาจุดบนสุด ช่วงนี้คือช่วงสแกนกลับในแนวตั้งในช่วงนี้จะมีพัลส์เพื่อส่งถ่ายประจุไปให้ CCD ที่อยู่ข้างๆ

CCD ตัวล่างสุดจะส่งสัญญาณออกโดยการเลื่อนประจ่ออกทางแนวนอน เมื่อจบการเลื่อนหนึ่งเส้นก็จะเลื่อนประจุจาก CCD ด้านบนลงมาด้านล่างทีละแถว



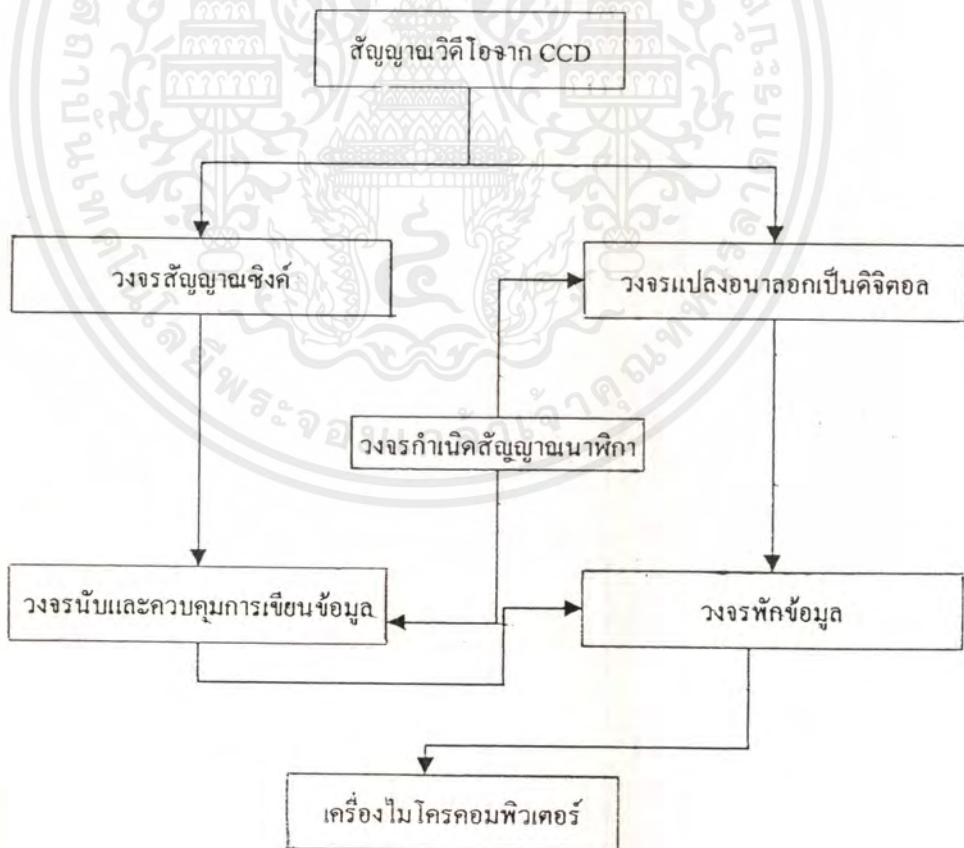
รูปที่ 3.3 แสดงแบบส่งเป็นเฟรม และแบบส่งทีละเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

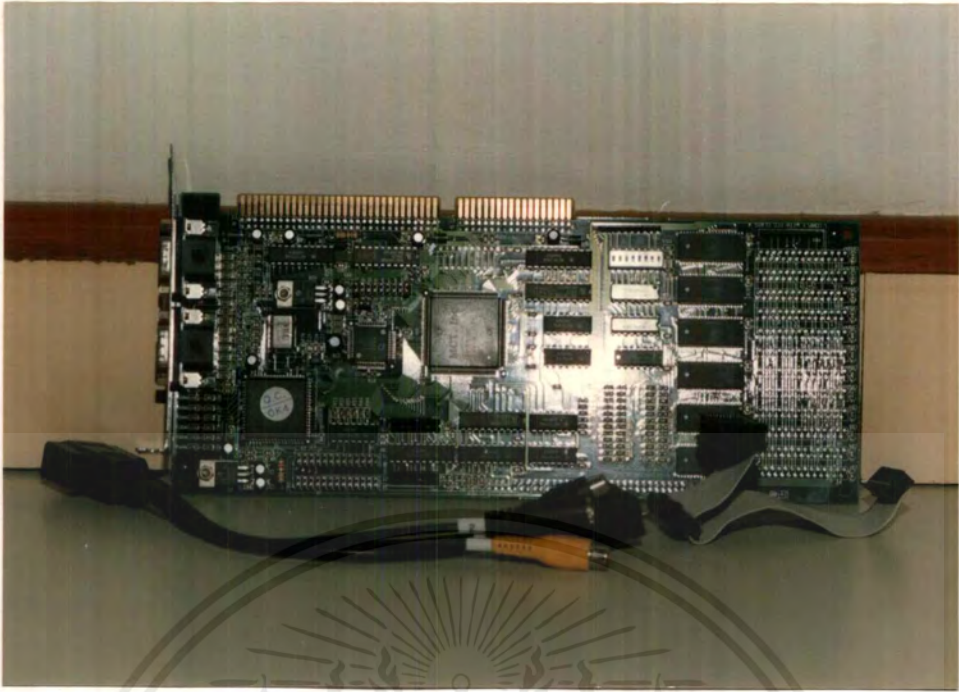
## อุปกรณ์แปลงสัญญาณวิดีโอเพื่อส่งเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เมื่อได้รับสัญญาณวิดีโอจากอุปกรณ์รับแสง ( คือ CCD ) แล้วการที่จะสามารถนำสัญญาณที่ได้ไปแสดงบนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์นั้นจึง เป็นที่จะต้องมียุกรณ์ที่ทำการแปลงสัญญาณที่อนาลอก(สัญญาณวิดีโอ) เป็นสัญญาณดิจิทัล(สัญญาณที่ส่งให้เครื่องรับรู้) ซึ่งก็คือ Video card โดยการทำงานของ Video card นั้นมีแผนผังการทำงานทั้งหมดสรุปดังรูป ซึ่งการทำงานจะเริ่มขึ้นที่ส่วนของวงจรแยกสัญญาณซิงค์ซึ่งจะทำหน้าที่แยกสัญญาณซิงค์ออกจากสัญญาณวิดีโอ เพื่อใช้ในการควบคุมการแปลงสัญญาณของวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล การเก็บข้อมูลของวงจรพักข้อมูลซึ่งในส่วนของวงจรพักนี้จะอาศัยวงจรนับช่วยในการควบคุมการนับแอดเดรสของหน่วยความจำและจะไปสิ้นสุดที่ตัวคอนเน็กเตอร์ซึ่งจะเป็นสายส่งสัญญาณไปคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 แผนผังการแปลงสัญญาณวิดีโอเพื่อส่งเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงอุปกรณ์วิดีโอการ์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### โครงสร้างโปรแกรมและบิตแมป

#### 5.1 บิตแมป (Bitmap)

บิตแมปหรือแผนที่ของข้อมูล คือจุดสีที่เล็ยมีเล็กๆ หลายๆสีที่เล็ยมีประกอบกัน อยู่ในสี่เหลี่ยมผืนผ้าใหญ่(เรียกว่ากริด) โดยจะมีพิกัดตำแหน่งเป็นของตำแหน่งเป็นของตัวเองอย่าง เช่นพิกัดที่1,1 คือ สีดำ พิกัดที่1,2 คือ สีขาว พิกัดที่1,3 คือสีดำ หรือเป็นสีใดสีหนึ่ง ดังนั้นภาพบิตแมปจึงเกิดจากโครงสร้างดังกล่าว

#### คุณลักษณะของกราฟิกแบบบิตแมป

โดยทั่วไปภาพบิตแมปจะมีคุณลักษณะพื้นฐานอยู่ 4 ลักษณะคือ

- มิติ (Dimension)
- ความละเอียด (Resolution)
- สีของภาพ (Bit Depth)
- แบบจำลองสี (Color Model)

#### มิติ

เนื่องจากภาพบิตแมปเกิดจากการรวมตัวกันของตารางสีที่เล็ยมีเล็กๆในสี่เหลี่ยมผืนผ้าใหญ่ๆ ซึ่งจะถือว่าตารางสีที่เล็ยมีเล็กๆ นั้นเป็นมิติของภาพ

#### ความละเอียด

ความละเอียดของภาพก็คือจำนวนของจุด (หรือแซมเปิล) ต่อหนึ่งหน่วยเช่น ถ้าเป็นหน่วยนิ้วก็จะเรียกหน่วยของความละเอียดว่า spi (sample per inches)

#### สีของภาพ

แต่ละจุดบนภาพบิตแมปจะเป็นสีขาว สีน้ำตาลหรือสีอื่นๆ ก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนบิตของภาพ ซึ่งจำนวนบิตจะเป็นสิ่งที่บอกให้ทราบถึงสีบนภาพ และบิตก็คือหน่วยที่เล็กที่สุด เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของข้อมูลทางคอมพิวเตอร์ซึ่งค่าของบิตสามารถเป็นค่า 0 และ 1 ได้เท่านั้น ถ้าค่าบิตเป็น 0 จะหมายความว่า เป็นสีขาว แต่ถ้าเป็น 1 จะเป็นสีดำ ดังนั้นจุดจะถูกกำหนดในการใช้ข้อมูลบิตว่าเป็นสีขาว สีดำ เท่านั้น แต่ถ้ามีข้อมูล 2 บิต ค่าของจุดที่เป็นได้จะมีอยู่ 4 ค่าคือ 00 ,01 ,10 ,และ 11 ดังนั้นสีที่เป็นไปได้ก็จะมีอยู่ 4 สี ส่วนข้อมูล 8 บิตก็จะมีสีได้ 256 สี ข้อมูล 24 บิตก็จะมีสีได้มากกว่า 16 ล้านสี

ใช้เป็นการกำหนดเป็นสีของภาพซึ่งแบบจำลองของสีที่เป็นมาตรฐานคือ RGB (red,green,blue) ส่วนบิตแมปบางภาพจะถูกกำหนดให้เป็นแบบ CYMK (cyan, yellow ,magenta ,black) เป็นต้น

## 5.2 โปรแกรมการวิเคราะห์ภาพและการประมวลผล

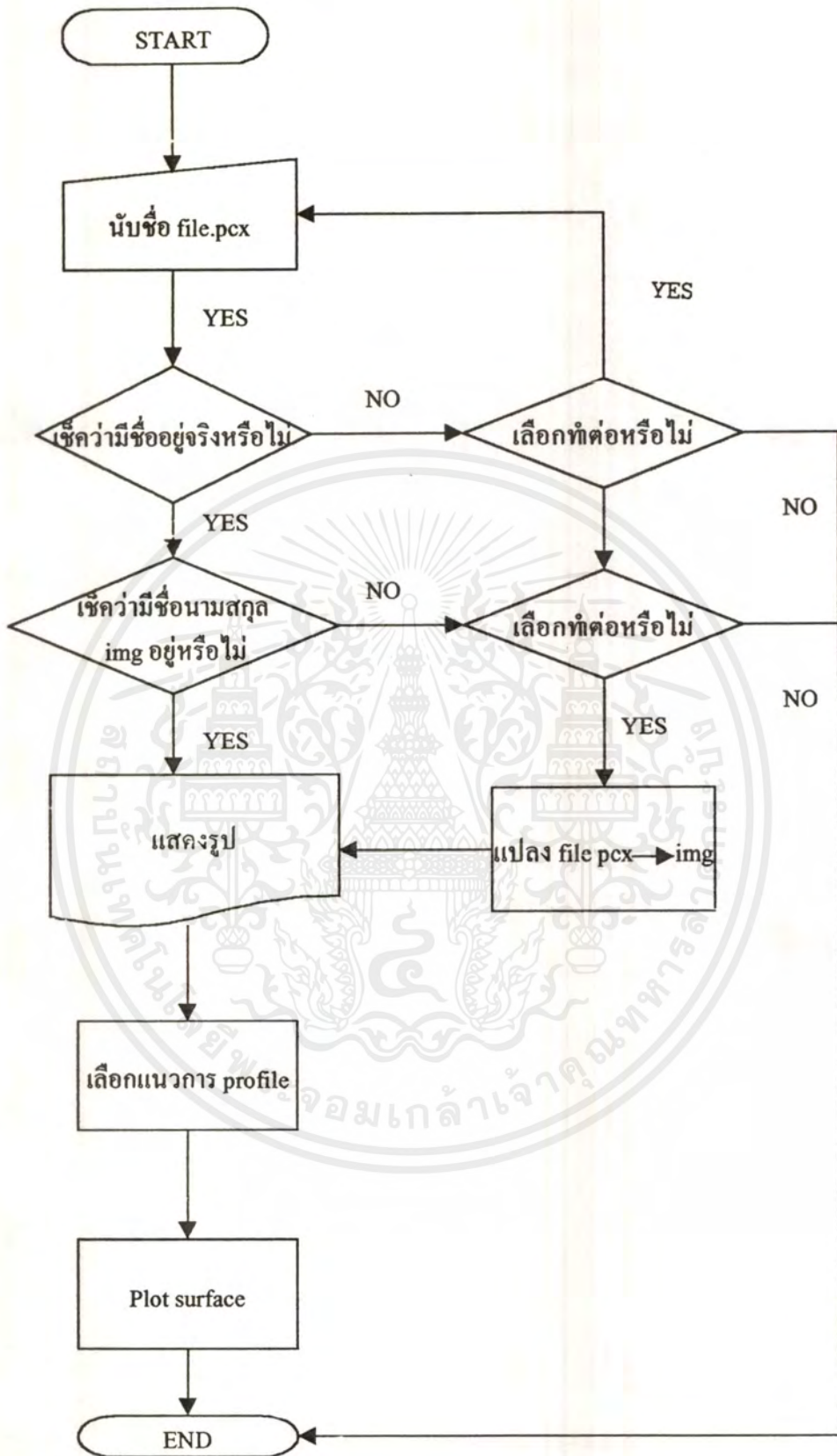
เป็นการนำเอาข้อมูลที่ได้จากกล้อง CCD มาทำการเขียนกราฟกับระยะทางที่เป็นพิกเซลบนคอมพิวเตอร์

**การแสดงผลแบบ 3 มิติ**

เป็นการพล็อตพื้นผิวของรูปไปตามระดับความเข้มของตำแหน่งของทรานสเวิร์สโหมดของลำแสงเลเซอร์

**การแสดงผลแบบ 2 มิติ**

เป็นการพลอตโปรไฟล์ภาพบิตแมปตามภาคตัดรูป ตามแนวแกน X และแกน Y โดยแสดงความเข้มทรานสเวิร์สโหมดของลำแสงเลเซอร์



รูปที่ 5.1 แสดงโปรแกรมการวิเคราะห์ภาพและการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 5.3 การใช้งานโปรแกรมวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์

### 5.3.1 การติดตั้งโปรแกรม

1. ใส่แผ่นบันทึกข้อมูลที่มีโปรแกรม DOS4GW.EXE, PROFILE.EXE, SURFPLOT.EXE, SVGA256.BGI, PCX2IMG.EXE, IMG2PCX.EXE, COMBINE.EXE และ INSTALL.BAT ในช่องใส่แผ่นบันทึกข้อมูลของเครื่องคอมพิวเตอร์

2. จากนั้นทำการพิมพ์ที่คอมมานด์พรอมพ์ว่า

```
>A:\INSTALL.BAT
```

หรือ

```
>B:\INSTALL.BAT
```

### 5.3.2 การติดตั้งส่วนของฮาร์ดแวร์ (Video Card)

1. ทำการติดตั้ง Video Card โดยใส่เข้าไปในช่องใส่ Card ที่ยังว่างอยู่
2. ทำการติดตั้งซอฟต์แวร์ที่ควบคุมการทำงานของ Video Card โดยทำการติดตั้งตามคู่มือของ Video Card

### 5.3.3 การใช้งานโปรแกรม

1. เนื่องจากว่าการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาจะเป็นการวิเคราะห์ภาพที่รับเข้ามาทาง Video Card โดยจะทำการบันทึกภาพที่ได้เป็นภาพที่มีส่วนขยายเป็น PCX

2. จากนั้นให้ทำการแปลงไฟล์ที่บันทึกไว้ให้เป็นไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น IMG โดยใช้โปรแกรม PCX2IMG.EXE โดยทำการพิมพ์ที่คอมมานด์พรอมพ์ว่า

```
>PCX2IMG
```

แล้วทำการใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการแปลง

3. จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์

3.1 ถ้าจะทำการวิเคราะห์ภาคตัดของลำแสงเลเซอร์ให้ใช้โปรแกรม PROFILE.EXE โดยให้พิมพ์ที่คอมมานด์พรอมพ์ว่า

```
>PROFILE
```

จากนั้นให้ใส่ชื่อไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น PCX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ENTER FILE NAME (.PCX) : FILENAME.PCX

แล้วทำการเลือกแนวการวิเคราะห์ตามคำสั่ง

3.2 ถ้าจะทำการวิเคราะห์พื้นผิวของลำแสงให้ใช้คำสั่ง SURFPLOT.EXE

โดยให้พิมพ์ที่คอมมанд์พรอมพ์ว่า

>SURFPLOT

จากนั้นให้ใส่ชื่อไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น IMG

- สำหรับโปรแกรม COMBINE.EXE จะใช้ในการนำไฟล์ที่มีส่วนขยาย IMG มารวมหรือลบกันเพื่อใช้ในการตัด BACKGROUND ของภาพ
- สำหรับโปรแกรม IMG2PCX.EXE จะใช้ในการแปลงไฟล์ที่มีส่วนขยายเป็น IMG ซึ่งเป็นข้อมูลไบนารีให้เป็นไฟล์รูปภาพที่มีส่วนขยายเป็น PCX

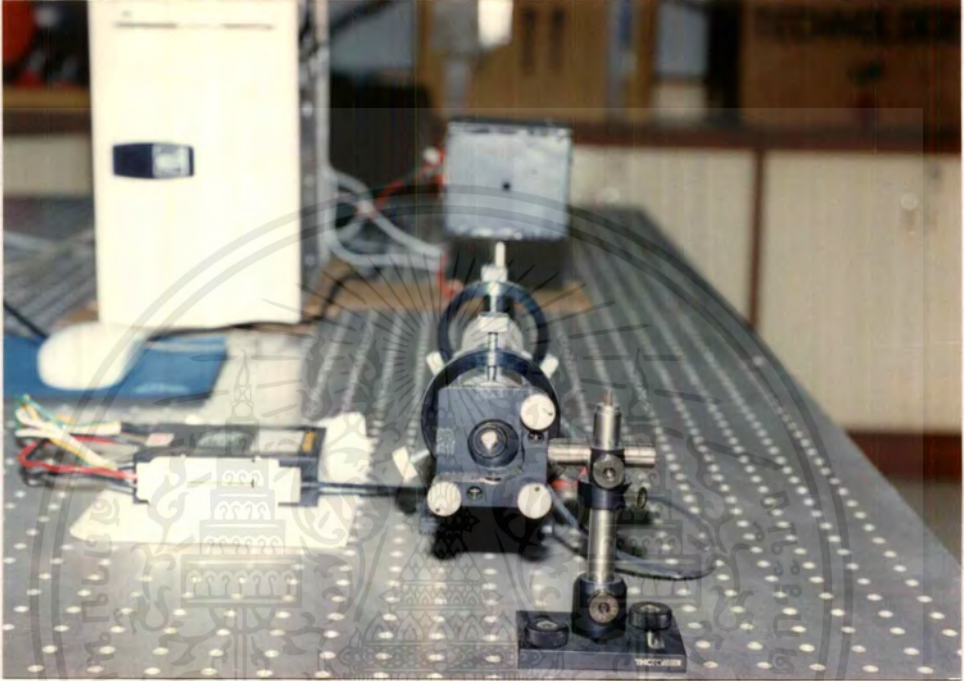


## บทที่ 6

### ผลการทดลอง

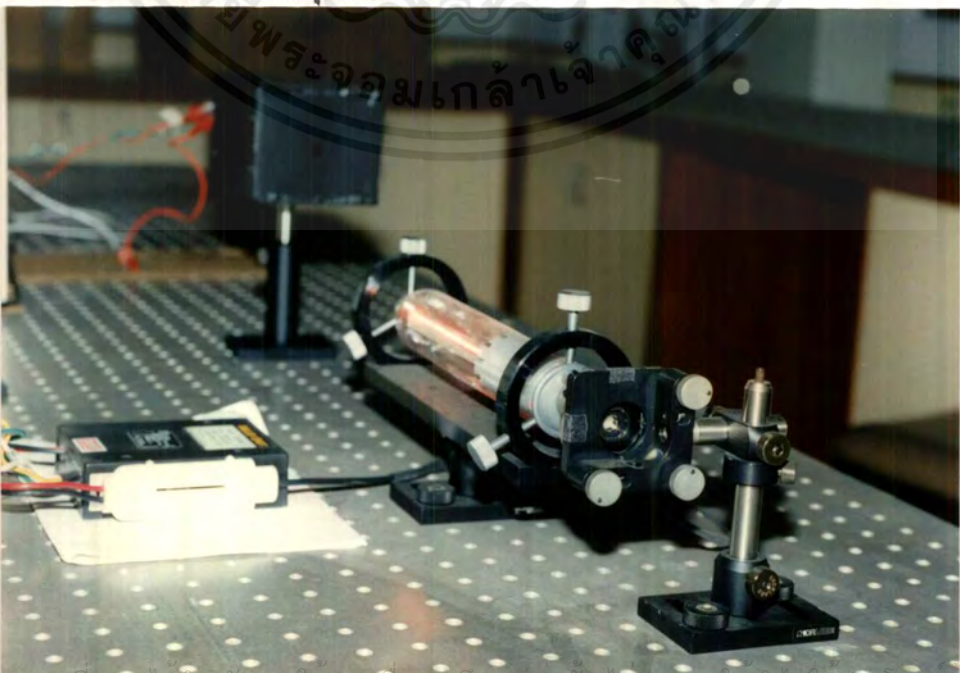
#### 6.1 ขั้นตอนการทดลอง

##### 1.การจัดอุปกรณ์



รูปที่ 6.1 แสดงภาพการจัดอุปกรณ์

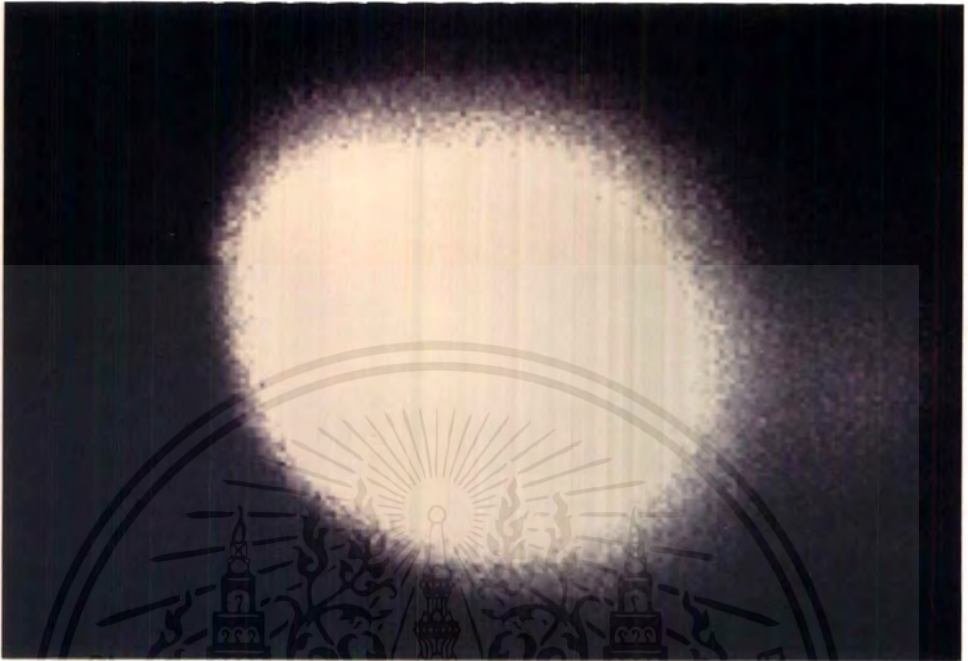
##### 2.ยิงเลเซอร์เข้ามาที่อุปกรณ์ CCD



รูปที่ 6.2 แสดงภาพการยิงเลเซอร์

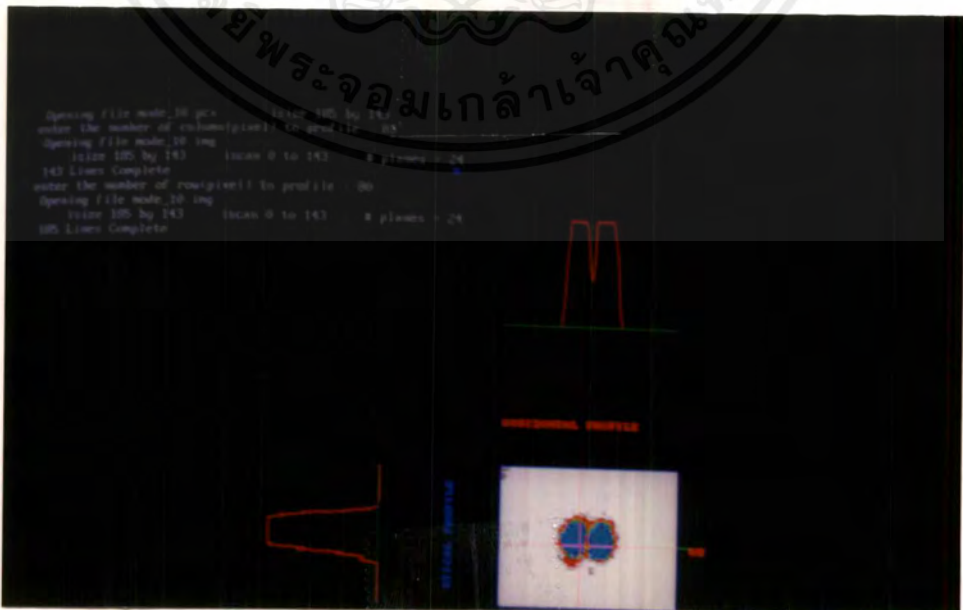
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้เช่าเห็นแจ้งให้ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องขออนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.ทำการจับภาพโดยใช้ VDO card (save เป็น FILE.PCX)



รูปที่ 6.3 แสดงการจับภาพด้วย CCD

### 4.ทำการวิเคราะห์ภาพที่ได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมา โดยใช้ตามวิธีที่อยู่ในบทที่ 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.2 ผลการทดลอง

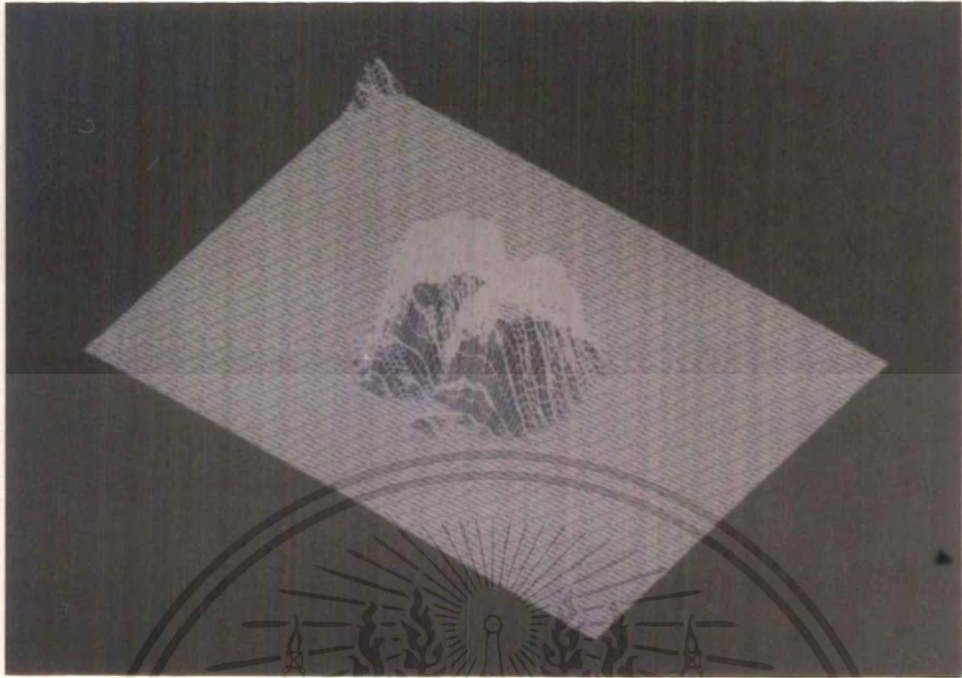
### ผลการทดลองของ TEM<sub>10</sub>



รูปที่ 6.4 แสดงภาพผลการทดลองที่ถ่ายได้จริง TEM<sub>10</sub>

### รูปที่ 6.5 แสดงการโปรไฟล์แบบ 2 มิติ ของ TEM<sub>10</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.6 แสดงภาพจำลอง 3 มิติ ของ TEM<sub>10</sub>

ผลการทดลองของ TEM<sub>11</sub>

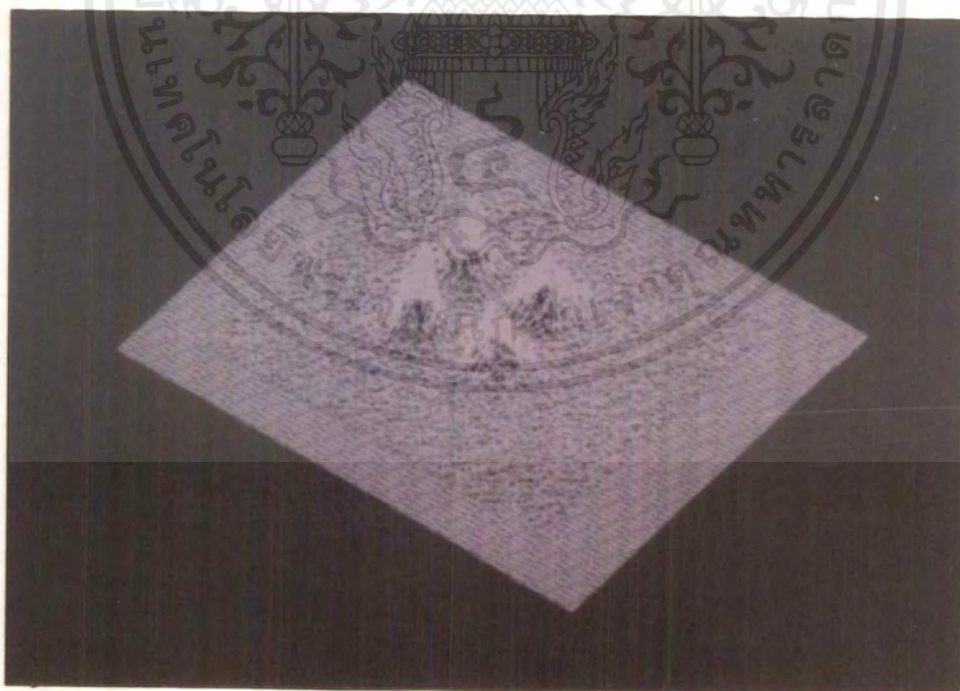


รูปที่ 6.7 แสดงภาพผลการทดลองที่ถ่ายได้จริง TEM<sub>11</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.8 แสดงการโปรไฟล์แบบ 2 มิติ ของ TEM<sub>11</sub>



รูปที่ 6.9 แสดงภาพจำลอง 3 มิติ ของ TEM<sub>11</sub>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 7

### สรุปผลและวิจารณ์

#### สรุปผล

จากความต้องการในปัจจุบันที่มีความต้องการที่จะสร้างแหล่งกำเนิดเลเซอร์ขึ้นมาใช้เองแต่ยังขาดอุปกรณ์ที่จะช่วยในการปรับแต่งให้ได้เลเซอร์ที่มีคุณสมบัติการใช้งานตามที่ต้องการ เช่นอุปกรณ์ที่สามารถบอกได้ถึงโหมดของเลเซอร์หรืออุปกรณ์ที่สามารถแสดงลักษณะของลำแสง เป็นต้น ด้วยซอฟต์แวร์และอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถที่จะทำการบอกได้ถึงโหมดแสดงลักษณะของภาพตัดของเลเซอร์และสามารถแสดงถึงลักษณะสมบัติของเลเซอร์ได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมาสามารถที่จะนำมาใช้งานได้จริง โดย

- สามารถแสดงภาพทรานสเวิร์สโหมดต่าง ๆ ของเลเซอร์ได้
- สามารถแสดงภาพตัดขวางเปรียบเทียบระหว่างความเข้มกับระยะจุดสีได้ทั้งแนวแกนนอนและแกนตั้ง (แบบ 2 มิติ) ได้
- สามารถแสดงภาพ 3 มิติของทรานสเวิร์สโหมดต่าง ๆ ของลำแสงเลเซอร์ได้

ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่า อุปกรณ์ซึ่งได้ทำการพัฒนาขึ้นมายังเป็นอุปกรณ์ต้นแบบอยู่จึงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงต่อไป

#### วิจารณ์

จากการทดลองพบว่าอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาเป็นเพียงอุปกรณ์ต้นแบบ กล่าวคือ อุปกรณ์ทั้งหมดดัดแปลงพัฒนาได้ไม่สมบูรณ์ เช่น ส่วนอุปกรณ์รับแสงสร้างประจักษ์ไม่สามารถหาอุปกรณ์กรองแสงมาใช้เพื่อสามารถรับแสงได้โดยที่ไม่เกิดการสร้างประจักษ์ได้ เป็นต้น ส่วนของซอฟต์แวร์ก็ต้องการการพัฒนาอีกหลายด้าน เช่น ในการสร้างภาพ 3 มิติของเลเซอร์นั้นยังไม่สามารถแสดงความแตกต่างของระดับสีที่ความเข้มต่าง ๆ ได้ และการใช้งานซอฟต์แวร์ก็ยังคงอาศัยความเข้าใจและพื้นฐานทางคอมพิวเตอร์อยู่อีกมากทำให้ยังใช้งานได้ยากอยู่

## ข้อเสนอแนะและแนวทางในการพัฒนา

ข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการพัฒนานั้นมีดังนี้

### ในส่วนอุปกรณ์

- จัดหาอุปกรณ์กรองแสงที่สามารถกรองแสงที่มีความเข้มสูงให้มีความเข้มน้อยลงมาก ๆ
- พยายามหาวิธีการที่จะลดแสงสะท้อนภายในกล้องของตัวอุปกรณ์รับแสงให้น้อยที่สุด เพื่อป้องกันการเกิดสัญญาณรบกวน
- จัดหาหรือสร้างแหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 12 โวลต์ กระแส 500 มิลลิแอมป์แอมป์ เพื่อจ่ายให้กับอุปกรณ์รับแสง

### ในส่วนซอฟต์แวร์

- พัฒนาให้ใช้งานง่ายขึ้น
- พัฒนาให้แสดงเป็นระดับสีได้เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในงานการวิเคราะห์ลำแสงเลเซอร์ได้อย่างถูกต้องต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**แปลง PCX เป็น IMG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*****
 *
 * pcx2img.c
 *
 * This routine converts a PCX file to an IMG file.
 *
 *****/

```

```

#include <stdio.h>
#include <stddef.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

```

```

#include "alg_misc.h"
#include "alg_IMG.h"
#include "alg_pcx.h"

```

```

#define IMAX_LEN 63

```

```

int pcx_to_img(char *p);

```

```

/* Main */

```

```

void main(void)

```

```

{

```

```

    char name[20];

```

```

    char *ptr;

```

```

    printf("enter pcx name you want to convert to img : ");

```

```

    gets(name);

```

```

    ptr = name;

```

```

    pcx_to_img(ptr);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

}

int    pcx_to_img(char *p)
{
    int    i;
    alg_IMG_File *imgfile;
    alg_PCX_File *pcxfile;
    alg_file_Error ifailr, ifailw;
    char    cimgfile[IMAX_LEN], cpcxfile[IMAX_LEN], *ctemp;
    alg_IMG_PixelValue *pixelbuf;

    /******
/* get the file names (do what I mean, not what I say!) */

    strcpy (cimgfile, p); //argv[argc-1]);
    strlwr (cimgfile);

    ctemp = strstr (cimgfile, ".pcx");

    if (ctemp)
        *ctemp = '\0';

    strcpy (cpcxfile, p);
    strlwr (cpcxfile);

    /******
/* begin by opening files (gasp!) */

    pcxfile = alg_PCX_FileOpen (cpcxfile, ALG_IMG_FILE_OPEN_READONLY);
    if (pcxfile == NULL)
        return (-1);

    imgfile = alg_IMG_FileOpen (cimgfile, ALG_IMG_FILE_CREATE);
    if (pcxfile == NULL)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

alg_PCX_FileClose (pcxfile);
return (-1);
}

/* Set file size */
imgfile ->isizeX = pcxfile ->isizeX;
imgfile ->isizeY = pcxfile ->isizeY;

/* allocate buffers */
pixelbuf = (alg_IMG_PixelValue *) calloc (imgfile ->isizeX,
sizeof (alg_IMG_PixelValue));
if (pixelbuf == NULL)
{
alg_IMG_PrintError (stderr, "main", ALG_FILE_ERROR_MEMORY);
alg_IMG_FileClose (imgfile);
alg_PCX_FileClose (pcxfile);
return (-1);
}

/* Do it! */
for (i=0; i<imgfile ->isizeY; i++)
{
ifailr = alg_PCX_FileReadNextLine (pcxfile, pixelbuf);
ifailw = alg_IMG_FileWriteNextLine (imgfile, pixelbuf);

if (ifailr || ifailw)
{
printf (" Failure copying file.\n");
if (ifailr)
alg_IMG_PrintError (stderr, "alg_PCX_FileReadNextLine",
ALG_FILE_ERROR_READ);
if (ifailw)
alg_IMG_PrintError (stderr, "alg_IMG_FileWriteNextLine",
ALG_FILE_ERROR_WRITE);
free (pixelbuf);
alg_IMG_FileClose (imgfile);
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
alg_PCX_FileClose (pcxfile);
return (-1);
}
if ((i % 50) == 0)
    printf (" %d Lines Complete ...\\n", i);
}
printf (" %d Lines Complete\\n", (int) imgfile ->isizey);

/* Close 'em up */
free (pixelbuf);
alg_IMG_FileClose (imgfile);
alg_PCX_FileClose (pcxfile);

return (-1);
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <math.h>
#include <dos.h>
#include <graphics.h>
```

```
#define IMAX_LEN 63
```

```
#include "Alg_Misc.H"
#include "Alg_IMG.H"
#include "Alg_PCX.H"

#include "Alg_Defs.H"
#include "Alg_Glbs.H"
#include "Alg_Math.H"
#include "Alg_Graf.H"
```

```
#define FALSE 0;
```

```
#define TRUE 1;
```

```
#define round(a) (int)((a)+0.5)
```

```
char keystroke(void)
```

```
{
    return (char)bdos(0x06,0xFF,0);
}
```

```
*****/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/* Main */
```

```
Palette_Register PalArray;  
atg_PCX_File *pcxfile;
```

```
void set_pal(long o)
```

```
{  
    int i, j;
```

```
/* 1..64 to avoid modification of background color */
```

```
for(i=1; i<64; i++)
```

```
{  
    j=i+o;  
    setrgbpalette(i, 127+j,j,j);  
}
```

```
void cyc_pal(int move)
```

```
{  
    static long o = 0;  
  
    o += move;  
    set_pal(o);  
}
```

```
/*.....*/
```

```
/* SVGA gives you only 64 levels of grey */
```

```
void Grey_Palette(Palette_Register Pal)
```

```
{  
    Word i;  
    for(i=0; i<64; i++)  
    {
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Pal[i].red=i;
Pal[i].gm=i;
Pal[i].blu=i;
}
}
```

```
void main(void)
```

```
{
    char filename[128];
    char *ptr;
    int iw;

    printf(" enter file name (pcx file) : ");
    gets(filename);

    ptr = filename;

    Set_Graphics_Mode(1024, 768);

    load_picture(ptr);

    Init_Palette(PalArray);
    Set_Palette(PalArray);

    v_profile(ptr);
    h_profile(ptr);

    Wait_For_Key();
    Exit_Graphics();
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

load_picture(char *p)
{
    int          i, j;
    alg_file_Error    ifailr;
    char          cpcxfile[IMAX_LEN];
    alg_PCX_PixelValue    *pixelbuf;

    /* causes PCX RGB palette to be shifted 2 places for display */
    /*          this is 0 because we shift the palette below */
    PCXdisplaymode = 0;

    strcpy (cpcxfile, p);

    /* begin by opening files (gasp!) */
    pcxfile = alg_PCX_FileOpen (cpcxfile,
ALG_IMG_FI*****
*****
*****
*****
*****loading file.\n");
        if (ifailr)
            alg_IMG_PrintError (stderr,
                "alg_PCX_FileReadNextLine",
                ALG_FILE_ERROR_READ);

        free (pixelbuf);
        alg_PCX_FileClose (pcxfile);
        return (-1);
    }

```

```

/* set pixels on screen */

```

```

    rectangle(XRes/2-1, YRes/2-1,
                XRes/2+pcxfile->isizeX+1,
                YRes/2+pcxfile->isizeY+1);

```

```

    for (j=0; j<pcxfile->isizeX; j++)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* note shift by two - 256 gray-scale reduced to 64 gray-scale */
    Plot(j+XRes/2,/+pcxfile->isizeX/2,
        i+YRes/2,/-pcxfile->isizeY/2,
        (unsigned char)(pixelbuf[j]));
}

/* Close 'em up */
free (pixelbuf);
alg_PCX_FileClose (pcxfile);

return (-1);
}

int v_profile (char *p)
{
    int i, icnt_profile, icnt_lines;
    int iwant;
    alg_IMG_File *imgfile;
    alg_file_Error ifailr, ifailw;
    char cimgfile[IMAX_LEN];
    alg_IMG_PixelValue *pixelbuf, *profilebuf;
    alg_Boolean lis_vert;
    char s1[128], vs[80];

/* row or col number */
    printf("enter the number of column(pixel) to profile : ");
    scanf("%d", &iwant);

    if((iwant > pcxfile->isizeX))
    {
        Exit_Graphics();

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("out of range\n");
getch();
exit(0);
}

sprintf(s1,"%d",iwant);

/* filename */
strcpy (cimgfile, p);

/* begin by opening file (gasp!) */
imgfile = alg_IMG_FileOpen (cimgfile, ALG_IMG_FILE_OPEN_READONLY);
if (imgfile == NULL)
    return (-1);

/* allocate buffers */
pixelbuf = (alg_IMG_PixelValue *) calloc (imgfile ->isize,
    sizeof (alg_IMG_PixelValue));
if (pixelbuf == NULL)
{
    alg_IMG_PrintError (stderr, "main", ALG_FILE_ERROR_MEMORY);
    return (-1);
}

profilebuf = (alg_IMG_PixelValue *) calloc (imgfile ->isize,
    sizeof (alg_IMG_PixelValue));

if (profilebuf == NULL)
{
    alg_IMG_PrintError (stderr, "main", ALG_FILE_ERROR_MEMORY);
    free (pixelbuf);
    return (-1);
}

settextstyle(1, 1, 0);
sprintf(vs, "vertical profile");
strupr(vs);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
outtextxy(XRes/2-50, YRes/2+strien(vs), vs);
```

```
/* Do it! */
```

```
icnt_profile = 0;
```

```
for (icnt_lines=0; icnt_lines<imgfile ->isizey; icnt_lines++)
```

```
{
```

```
    ifailr = alg_IMG_FileReadNextLine (imgfile, pixelbuf);
```

```
    if (ifailr)
```

```
    {
```

```
        printf (" Failure reading file.\n");
```

```
        free (pixelbuf);
```

```
        free (profilebuf);
```

```
        alg_IMG_PrintError (stderr, "alg_IMG_FileReadNextLine",  
                            ALG_FILE_ERROR_READ);
```

```
        alg_IMG_FileClose (imgfile);
```

```
        return (-1);
```

```
    }
```

```
    profilebuf[icnt_profile] = pixelbuf[iwant];
```

```
    icnt_profile++;
```

```
    if ((i % 50) == 0)
```

```
        printf (" %d Lines Complete ...\\r", i);
```

```
    }
```

```
printf (" %d Lines Complete\\n", (int) imgfile ->isizey);
```

```
/* Close some of them up */
```

```
free (pixelbuf);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

moveto(YRes/2 - profilebuf[0].blu / 2, YRes/2);
for (i=0; i<icnt_profile; i++)
    {
        setcolor(127);
        line(XRes/2+iwant, YRes/2+1, XRes/2+iwant, i+YRes/2);
        lineto(YRes/2 - profilebuf[i].blu / 2, i+YRes/2);
    }

setcolor(171);
line(YRes/2-1, YRes/2, YRes/2-1, icnt_profile+YRes/2+3);
line(XRes/2+iwant, pcxfile->isizey+YRes/2+3,
      XRes/2+iwant, pcxfile->isizey+YRes/2+15);
setcolor(127);
outtextxy(XRes/2+iwant, pcxfile->isizey+YRes/2+15, s1);

/* Close 'em up */
free (profilebuf);
alg_IMG_FileClose (imgfile);

return (-1);
}

int h_profile (char *p)
{
    int          i, icnt_profile, icnt_lines;
    int          iwant;
    alg_IMG_File *imgfile;
    alg_file_Error ifailr, ifailw;
    char         cimgfile[IMAX_LEN];
    alg_IMG_PixelValue *pixelbuf, *profilebuf;
    alg_Boolean  lis_vert;
    char         s1[128], hs[80];

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

printf("enter the number of row(pixel) to profile : ");
scanf("%d", &iwant);

if((iwant > pcxfile->isizey))
{
    Exit_Graphics();
    printf("out of range\n");
    getch();
    exit(0);
}

sprintf(s1,"%d",iwant);

strcpy (cimgfile, p);

imgfile = alg_IMG_FileOpen (cimgfile, ALG_IMG_FILE_OPEN_READONLY);
if (imgfile == NULL)
    return (-1);

pixelbuf = (alg_IMG_PixelValue *) calloc (imgfile ->isizex,
    sizeof (alg_IMG_PixelValue));
if (pixelbuf == NULL)
{
    alg_IMG_PrintError (stderr, "main", ALG_FILE_ERROR_MEMORY);
    return (-1);
}

profilebuf = (alg_IMG_PixelValue *) calloc (imgfile ->isizey,
    sizeof (alg_IMG_PixelValue));

if (profilebuf == NULL)
{
    alg_IMG_PrintError (stderr, "main", ALG_FILE_ERROR_MEMORY);
    free (pixelbuf);
    return (-1);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

settextstyle(1, 0, 50);
sprintf(hs, "horizontal profile");
strupr(hs);
outtextxy(XRes/2, YRes/2-50, hs);

icnt_profile = 0;
for (icnt_lines=0; icnt_lines<imgfile ->isizey; icnt_lines++)
{
    ifailr = alg_IMG_FileReadNextLine (imgfile, pixelbuf);

    if (ifailr)
    {
        printf (" Failure reading file.\n");
        free (pixelbuf);
        free (profilebuf);
        alg_IMG_PrintError (stderr, "alg_IMG_FileReadNextLine",
                            ALG_FILE_ERROR_READ);
        alg_IMG_FileClose (imgfile);
        return (-1);
    }
    if (icnt_lines == iwant)
    {
        for (i=0; i<imgfile ->isizey; i++)
            profilebuf[i] = pixelbuf[i];
        icnt_profile = imgfile ->isizey;
    }

    if ((i % 50) == 0)
        printf (" %d Lines Complete ...\\r", i);
}

printf (" %d Lines Complete\\n", (int) imgfile ->isizey);

free (pixelbuf);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

moveto(XRes/2, YRes/2-151 - profilebuf[0].blu / 2);
for (i=0; i<icnt_profile; i++)
{
    setcolor(127);
    lineto(i+XRes/2, YRes/2-151 - profilebuf[i].blu / 2);
    setcolor(171);
    line(XRes/2, YRes/2-151, i+XRes/2, YRes/2-151);
}
setcolor(127);
line(XRes/2, YRes/2-1+iwant, icnt_profile+XRes/2,
    YRes/2-1+iwant);
setcolor(171);
line(pcxfile->isizex+XRes/2+3, YRes/2-1+iwant,
    pcxfile->isizex+XRes/2+15, YRes/2-1+iwant);
setcolor(127);
outtextxy(pcxfile->isizex+XRes/2+15, YRes/2-1+iwant, s1);

free (profilebuf);
alg_IMG_FileClose (imgfile);

return (-1);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <dos.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#include <malloc.h>
#include <mem.h>
#include <graphics.h>
```

```
#define IMAX_LEN 63
```

```
#include "Alg_Misc.H"
#include "Alg_IMG.H"
#include "Alg_PCX.H"
```

```
#include "Alg_Defs.H"
#include "Alg_Glbs.H"
#include "Alg_Math.H"
#include "Alg_Graf.H"
#include "Alg_Vec.H"
#include "Alg_3D.H"
#include "Alg_Shad.H"
```

```
#define FALSE 0;
```

```
#define TRUE 1;
```

```
#define round(a) (int)((a)+0.5)
```

```
char keystroke(void)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    return (char)bdos(0x06,0xFF,0);
}

/*****/

/* Main */

int    surface_plot(char *p);

Palette_Register PalArray;

unsigned char huge dispbuf[640][480]; /* frame buffer */

void main(void)
{
    char    filename[128];
    char    *ptr;
    int     iw;

    printf(" enter file name (pcx file) : ");
    gets(filename);

    ptr = filename;

    surface_plot(ptr);

}

int    surface_plot(char *p)
{
    int     i, j, iwant, icnt_profile, icnt_lines;

    alg_IMG_File *imgfile;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



```

}

Set_Graphics_Mode(1024, 768);

Init_Palette(PalArray);
Set_Palette(PalArray);

Init_Perspective((Boolean)0, 0.0, 0.0, 500.0, 500.0);
Init_Plotting(Viewing_Angle,Viewing_Tilt);

Init_Lighting(Light_Angle, Light_Tilt);

/* Do it! */
for (icnt_lines=0; icnt_lines<imgfile ->isizey; icnt_lines++)
{
    ifailr = alg_IMG_FileReadNextLine (imgfile, pixelbuf);

    if (ifailr)
    {
        printf (" Failure reading file.\n");
        alg_IMG_PrintError (stderr, "alg_IMG_FileReadNextLine",
            ALG_FILE_ERROR_READ);

        alg_IMG_FileClose (imgfile);

        return (-1);
    }
}

/* load the buffer */
for (j=0; j<imgfile ->isizey; j++)
{
    (unsigned char)(dispbuf[j][icnt_lines])=
        (unsigned char)((((long int)pixelbuf[j].red+
            (long int)pixelbuf[j].gm+
            (long int)pixelbuf[j].blu)/3);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    }
    /* 0..255 */
}
```

```
/* display wire-frame */
```

```
xfactor=-(float)(imgfile->isize_x)/2.0;
yfactor=+(float)(imgfile->isize_y)/2.0;
```

```
for (icnt_lines=0; icnt_lines<imgfile->isize_y-1; icnt_lines++)
```

```
{
```

```
    for (j=0; j<imgfile->isize_x-1; j++)
```

```
    {
```

```
        // compute the four points
```

```
        x1 = j;
```

```
        y1 = icnt_lines;
```

```
        xc1 = xgrid * (xfactor + (float)x1);
```

```
        yc1 = ygrid * (yfactor - (float)y1);
```

```
        H1 = (float)dispbuf[x1][y1]*hscale;
```

```
        Vec(xc1, yc1, H1, Pnt1);
```

```
        x2 = j+1;
```

```
        y2 = icnt_lines;
```

```
        xc2 = xgrid * (xfactor + (float)x2);
```

```
        yc2 = ygrid * (yfactor - (float)y2);
```

```
        H2 = (float)dispbuf[x2][y2]*hscale;
```

```
        Vec(xc2, yc2, H2, Pnt2);
```

```
        x3 = j+1;
```

```
        y3 = icnt_lines+1;
```

```
        xc3 = xgrid * (xfactor + (float)x3);
```

```
        yc3 = ygrid * (yfactor - (float)y3);
```

```
        H3 = (float)dispbuf[x3][y3]*hscale;
```

```
        Vec(xc3, yc3, H3, Pnt3);
```

```
        x4 = j;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

y4 = icnt_lines+1;
xc4 = xgrid * (xfactor + (float)x4);
yc4 = ygrid * (yfactor - (float)y4);
H4 = (float)dispbuf[x4][y4]*hscale;
Vec(xc4, yc4, H4, Pnt4);

// compute surface normal for triangle 1
VecSub(Pnt2, Pnt1, v1);
VecSub(Pnt4, Pnt1, v2);
VecCross(v1,v2,vc1);
VecNormalize(vc1);
// compute surface normal for triangle 2
VecSub(Pnt4, Pnt3, v1);
VecSub(Pnt2, Pnt3, v2);
VecCross(v1,v2,vc2);
VecNormalize(vc2);

// shade triangle 1 gray based on red component
if(shade_wireframe)
{
    Intensity_Calc(vc1);
    Colr1=(Byte)((float)Intensity[0]/4.0);
}
else
    Colr1=DifColor[0];

// shade triangle 2 gray based on red component
if(shade_wireframe)
{
    Intensity_Calc(vc2);
    Colr2=(Byte)((float)Intensity[0]/4.0);
}
else
    Colr2=DifColor[0];

if(hidden_surface)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

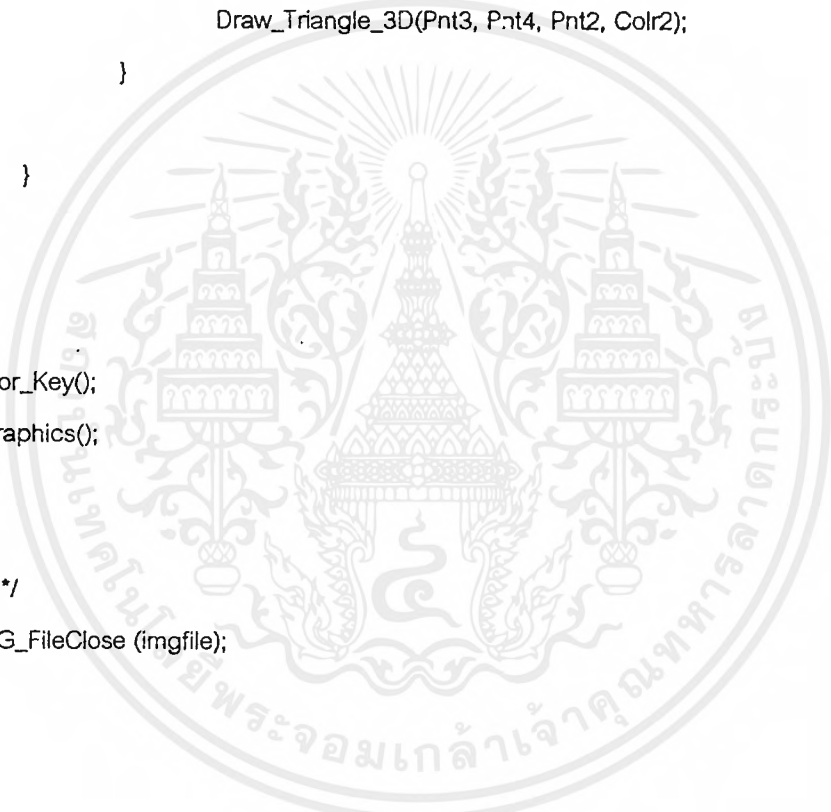
// check visibility of triangle 1
if(VecDot(vc1, View_Vector) <= 0.0)
    Draw_Filled_Triangle_3D(Pnt1, Pnt2, Pnt4, 0, Colr1);
// check visibility of triangle 2
if(VecDot(vc2, View_Vector) <= 0.0)
    Draw_Filled_Triangle_3D(Pnt3, Pnt4, Pnt2, 0, Colr2);
}
else
{
    Draw_Triangle_3D(Pnt1, Pnt2, Pnt4, Colr1);
    Draw_Triangle_3D(Pnt3, Pnt4, Pnt2, Colr2);
}
}
}
}

Wait_For_Key();
Exit_Graphics();

/* Close 'em up */
alg_IMG_FileClose (imgfile);

return (-1);
}

```





**ภาคผนวก ข**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ทฤษฎีกราฟฟิกบิตแมป (Graphic Bitmap Theory)

บิตแมป (bitmap) แปลตรง ๆ ว่า "แผนที่ข้อมูล" คือจุดสีเหลี่ยมเล็กๆ หลาย ๆ สีเหลี่ยม ประกอบกันอยู่ในสี่เหลี่ยมผืนผ้าใหญ่ (เรียกว่า กริด) โดยจะมีพิกัดตำแหน่งเป็นของตัวเองภายในสี่เหลี่ยมเล็ก ๆ จะมีลักษณะการเก็บข้อมูล พิกัดที่(1,1)คือสีดำ พิกัดที่(1,2)คือสีขาว พิกัดที่(1,3)คือสีดำหรือสีใดสีหนึ่ง ดังนั้นภาพบิตแมปจึงเกิดจากโครงสร้าง ดังกล่าวข้างต้น

### 1. คุณลักษณะของกราฟฟิกบิตแมป

โดยทั่วไปบิตแมปจะมีคุณลักษณะพื้นฐานอยู่ 4 ลักษณะ คือ

มิติ (Dimension)

ความละเอียด (Resolution)

สีของภาพ (Bit Dept)

แบบจำลองสี (Color Model)

BMP: Windows Device Independent Bitmap

ข้อมูลจำเพาะ

ชื่อ

Windows Bitmap

นามสกุลของไฟล์ภายใต้ระบบดอส

BMP หรือ DIB

ชนิดของรูปแบบ

บิตแมป

เวอร์ชัน

ไมโครซอฟต์วินโดวส์เวอร์ชัน3.X,โอเอส/ทู (OS//2),  
พีริเซนเตชันเมนเจอร์

การแปรเปลี่ยน

ไฟล์ BMP ของวินโดวส์ และโอเอส/ทู มีโครงสร้างของ  
ไฟล์ต่างกัน แต่ที่โปรแกรมเกือบทั้งหมดสามารถที่จะ  
อ่านได้ทั้ง 2 รูปแบบ

ความคอมแพติบิลระหว่างระบบ

เข้ากันได้สำหรับพีซีที่ยึดหลักของอินเทล

ปฏิบัติการ

ซอฟต์แวร์ที่สามารถเปิด หรือ

โปรแกรมบนวินโดวส์ทั้งหมดที่สามารถใช้งานบิต

อิมพอร์ตไฟล์ BMP	แม่ปได้
ความสามารถทางด้านสี	2, 16, 256 หรือ 16 ล้านสี
การบีบขนาดข้อมูล	RLE บางครั้งถูกใช้สำหรับภาพแบบ 4 บิต และแบบ 8 บิต

## 2 ภาพกว้างๆ

เพราะว่ารูปแบบ BMP นั้นเป็นพื้นฐานของรูปแบบของซอฟต์แวร์บนวินโดวส์ดังนั้นมันจึงสนับสนุนการทำงานของโปรแกรมทุกๆโปรแกรมที่ทำงานภายใต้วินโดวส์ แต่ว่ามันไม่ได้ถูกออกแบบมาให้ใช้กับแพลตฟอร์มอื่น ดังนั้น จึงไม่สามารถใช้กับแพลตฟอร์มอื่น เช่น แมคอินทอช หรือระบบอื่นๆได้ ไฟล์แบบบิตแมบบนวินโดวส์คล้ายๆ กับของพีซีเช่นแต่ซันไมเนเจอร์ของโอเอสทู แต่ไม่เหมือนกันทีเดียวนัก โปรแกรมส่วนใหญ่สามารถอ่านไฟล์แบบบิตแมปได้ทั้ง 2 เวอร์ชัน แต่ถ้าเรามีอุปสรรคในการเปิดไฟล์ก็อาจจะเป็นเพราะความแตกต่างของเวอร์ชัน

## 3. รูปแบบบิตแมปดั้งเดิมสำหรับวินโดวส์

โครงสร้างไฟล์แบบบิตแมปเป็นสิ่งที่วินโดวส์ใช้สำหรับการเก็บบิตแมปภายในของตัวเอง เบ็กกราวด์ของจอ ไอคอน และภาพบิตแมปที่วินโดวส์ใช้ ถูกเก็บอยู่ในรูปแบบ BMP ซึ่งบ่อยครั้งจะเป็นรูปแบบบิตดีพอลต์สำหรับโปรแกรมของวินโดวส์ รูปแบบค่อนข้างจะง่าย ดังนั้น ข้อผิดพลาดจึงมีน้อยมากด้วยเช่นกัน

## 4. ความเป็นอิสระของอุปกรณ์หมายถึงอะไร

รูปแบบ BMP ถูกใช้ในการทำงานภายในของวินโดวส์ ดังนั้น มันจะต้องทำงานร่วมกับการตั้งค่าของฮาร์ดแวร์ที่วินโดวส์ทำงาน รูปแบบนี้จะถูกแสดงโดยไมขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ที่ใช้โดยวินโดวส์สำหรับการแสดงผลทางจอภาพเช่นจอคอมพิวเตอร์ วีดีโอการ์ด ซอฟต์แวร์ที่เป็นไดรเวอร์ วินโดวส์จะบริหารอุปกรณ์เหล่านี้โดยการใช้แผงสีของระบบ (color index) ที่ตั้งไว้สำหรับการแสดงผลโดยวินโดวส์

## 5. แผงสีของวินโดวส์

แผงสีของคอมพิวเตอร์ก็เหมือนกับจานสีของศิลปินนั่นเอง

คอมพิวเตอร์จะใช้องค์ประกอบสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ซึ่งสามารถผสมกันเป็นสีอื่นๆ จำนวนสีในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติหน้าไปไซเบอร์แดนการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผงสีถูกจำกัดไว้ที่ 16 สี, 256 สี หรือตัวเลขอื่นๆ โดยที่แต่ละสีถูกดึงออกจากช่วงกว้างของสีที่กว้างใหญ่ไพศาล แผงสีอนุญาตให้คอมพิวเตอร์บันทึกเป็นตัวเลขค่าหนึ่งในลิสต์ ถ้าลิสต์ยังสั้น คอมพิวเตอร์ก็ต้องติดตามจำนวนตัวเลขน้อยลง เมื่อคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องแสดงสีซึ่งอยู่ในลิสต์ มันจะอ้างถึงลิสต์นั้น การใช้แผงสีอาจก่อให้เกิดการแสดงผลที่ผิดปกติของระบบสำหรับแบบ 16 สี และแบบ 256 สี และอาจก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีในไฟล์แบบ BMP ถ้าระบบเราถูกตั้งค่า ให้แสดงผลแบบ 256 สี แล้วแผงสีจะสงวนไว้เพียง 20 สี ซึ่ง 236 สีสำหรับใช้ในโปรแกรมประยุกต์ ปัญหาจะเกิดขึ้นเมื่อมีมากกว่า 1 โปรแกรมประยุกต์ที่ถูกใช้บนจอในเวลาเดียวกัน โปรแกรมประยุกต์จะแสดงผลภาพโดยใช้แผงสีที่แตกต่างกันทันทีที่โปรแกรมประยุกต์โหลดแผงสีมาใช้งานในการแสดงผล ภาพอื่นๆ บนจอจะถูกเปลี่ยนตามแผงสีใหม่นั้น ทำให้เห็นภาพในจอเป็นสีแปลกๆ

ถ้าเราใช้โปรแกรมการแก้ไขเปลี่ยนแปลงบิตแมป เช่น PaintShop Pro เพื่อเปิดไฟล์ BMP แบบ 256 สี โปรแกรมจะโหลดแผงสีแบบ 256 สีที่ถูกกำหนดโดยไฟล์ BMP นั้นและทุกๆ ภาพบนจอจะถูกแสดงโดยใช้แผงสี ถ้าเราเปิดไฟล์ BMP อื่น โปรแกรมจะโหลดแผงสีแบบ 256 สีอันใหม่ ซึ่งกำหนดโดยไฟล์ใหม่นั้น เมื่อแผงสีใหม่ถูกโหลด ภาพที่แสดงบนหน้าจออยู่แล้วอาจเปลี่ยนสีไปด้วยเช่นถ้าแผงสีหนึ่งใช้สีหมายเลข 125 เป็นสีเขียวอ่อนขณะที่แผงสีอันที่ 2 กำหนดสี 126 ให้เป็นสีเขียวแก่ แล้วภาพก็จะเปลี่ยนสีถ้าไฟล์และแผงสีที่แตกต่างกันนั้นแยกที่พื่นหน้าต่างหรือไฟล์ทางซ้ายมือกำลังแยกที่พและแสดงผลตามปกติ นั้นหน้าต่างหรือไฟล์ทางขวามือกำลังแยกที่พและแสดงผลตามปกติ แม้แต่ในกรณีสเกลเราก็ยังสามารถเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของแผงสีจะมีผลต่อลักษณะของภาพที่แสดงออกทางจอ

การเปลี่ยนแปลงในแผงสีเป็นสิ่งที่เห็นได้ชัดเมื่อเรามีไฟล์แบบ BMP ถูกเลือกไว้เป็นแบ็กกราวด์ที่แสดงทางจอภาพบนวินโดวส์แสดงเกี่ยวกับไฟล์แบบ BMP ที่ใช้เป็นแบ็กกราวด์บนวินโดวส์เดสก์ทอปนี้เป็นรูปที่แยกที่พอยู่ภาพแบ็กกราวด์จะแสดงผลเป็นปกติ แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อ PaintShop Pro กลายเป็นโปรแกรมที่แยกที่พ และไฟล์แบบ BMP ถูกเปิดขึ้น (ซึ่งจะเปลี่ยนแผงสีที่แยกที่พ) ภาพแบ็กกราวด์ที่แสดงโดยโปรแกรม Desktop จะปรากฏทันทีโดยสีทั้งหมดในแผงสีที่ถูกเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงของสีเหล่านี้อาจเกิดแยกกัน แต่โดยมากจะไม่มีผลแบบถาวรของภาพบิตแมปที่ปรากฏ อย่างไรก็ตาม เช่น Paintbrush จะเปลี่ยนแผงสีของไฟล์แบบ BMP จะแสดงให้เห็นถึงแผงสีของภาพหลังจากไฟล์แบบ BMP ถูกเปิดและเซฟโดย Paintbrush ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงในแผงสี แต่อาจจะสังเกตเห็นได้ยากสำหรับภาพที่มีขอบเขตของสีเพียงเล็กน้อย

## 6. ข้อมูลบิตแมป

ข้อมูลสำหรับพิกเซลที่ถูกเก็บโดยใช้ 1 บิต 4 บิต หรือ 8 บิตเป็นอิน-เด็กซ์สำหรับการจับคู่สี หรือถูกเก็บแบบ 24 บิต โดยข้อมูลแบบ RGB พิกเซลในบิตแมปจะถูกบันทึกโดยเริ่มจากมุมล่างซ้ายของภาพ อ่านจากซ้ายไปขวา และล่างไปบน

## 7. ที่ไหนและเมื่อใดที่ควรใช้รูปแบบ BMP

ถ้าต้องการรูปแบบบิตแมปซึ่งสามารถถูกอ่านโดยโปรแกรมอื่นๆบนวินโดวส์ BMP อาจจะเหมาะสม เนื่องจากรูปแบบนั้นง่าย ดังนั้น โอกาสที่โปรแกรมจะอ่านไฟล์แบบ BMP แล้วเกิดปัญหาเป็นไปได้ยาก ตัวอย่างข้างล่างนี้เป็นตัวอย่างสำหรับกราฟิกส์แบบบิตแมปที่เหมาะสมกับการใช้รูปแบบ BMP

- บิตแมปที่ถูกใช้ในวอลเปเปอร์ของวินโดวส์ หรือเป็นแพตเทิร์นของจอ
- บิตแมปแบบ 16 สีหรือ 256 สีซึ่งถูกใช้แยกต่างหากโดยโปรแกรมบนวินโดวส์

## 8. ที่ไหนและเมื่อใดที่ไม่ควรใช้รูปแบบ BMP

เวอร์ชันสีแบบ 4 บิตหรือ 8 บิตของรูปแบบ BMP จะใช้การบีบขนาด โดยสามารถใช้การบีบขนาดแบบ RLE ได้แต่ไฟล์ BMP แบบ 24 บิตจะกินเนื้อที่มาก และเนื่องจากว่าการบีบขนาดแบบ RLE ไม่จำเป็นต้องใช้สำหรับภาพแบบ 4 บิตและ 8 บิตเสมอไป ดังนั้นไฟล์แบบ BMP โดยรวมจึงกินเนื้อที่ในดิสก์มากกว่าบิตแมปแบบอื่นๆ ถ้าขนาดของไฟล์เป็นปัจจัยสำคัญในการเลือกรูปแบบ ไฟล์แบบ BMP อาจไม่เหมาะสมที่จะเลือก

ไฟล์แบบ BMP นั้นยังถูกจำกัดให้อยู่ในวงของวินโดวส์และโอเอส/ทูเท่านั้น ถ้ากราฟิกจำเป็นต้องใช้ในคอมพิวเตอร์ชนิดอื่น เช่นแมคอินทอช เราอาจจะต้องเลือกรูปแบบ GIF หรือ TIFF ซึ่งค่อนข้างจะเป็นสากลมากกว่า และถึงแม้ว่าเราจะใช้บนวินโดวส์เท่านั้น รูปแบบ PCX ก็อาจจะเป็นทางเลือกที่ดีกว่า

## 9. โครงสร้างของไฟล์แบบ BMP

ไฟล์บิตแมปแบบ BMP จะประกอบไปด้วย เซกเตอร์ของไฟล์ เซกเตอร์ของบิตแมป ข้อมูลของบิตแมป และแผนผังของสี ถ้าภาพไม่ได้ใช้สี 24 บิต ไฟล์ BMP บนวินโดวส์สามารถถูกบีบขนาดข้อมูลบิตแมปโดยใช้การบีบขนาดแบบ RLE

## 10. เฮดเดอร์ของไฟล์

เฮดเดอร์ของไฟล์แบบ BMP บรรจุข้อมูลเกี่ยวกับชนิด และขนาดของไฟล์ รวมทั้งฝังข้อมูลภายในไฟล์ ดูตารางที่ 1

### ตารางที่ 1 โครงสร้างของเฮดเดอร์ไฟล์บิตแมปแบบ BMP

ฟิลด์	คำอธิบาย
bfType	ชนิดของไฟล์ จะต้องเป็นอักษร ASCII "BM"
bfSize	ขนาดของไฟล์
bfReserved1	ฟิลด์ที่ถูกสงวนไว้ ต้องตั้งค่าเป็น 0
bfReserved2	ฟิลด์ที่ถูกสงวนไว้ ต้องตั้งค่าเป็น 0
bfOffBits	ระบุออฟเซตเป็นไบต์สำหรับจุดเริ่มของข้อมูลบิตแมป

## 11. ข้อมูลของ BMP แบบบิตแมปในวินโดวส์เวอร์ชัน 3.X

เฮดเดอร์ของไฟล์ต่อไปนี้จะมาพร้อมกับโครงสร้างข้อมูลบิตแมปซึ่งกำหนดมิติและข้อมูลของสีสำหรับบิตแมปในวินโดวส์ 3.X

### ตาราง 2 โครงสร้าง BMP BITMAPINFO บนวินโดวส์

ฟิลด์	คำอธิบาย
biSize	ขนาดของ BITMAPINFO (40 ไบต์)
biWidth	ความกว้างของบิตแมป ในหน่วยพิกเซล
biHeight	ความสูงของบิตแมป ในหน่วยพิกเซล
biPlanes	ระนาบของภาพ (1)
biBitCount	จำนวนบิตต่อพิกเซล (1, 4, 8 หรือ 24)
biCompression	การบีบขนาดที่ใช้
biSizeImage	ขนาดของภาพมีหน่วยเป็นจำนวนไบต์
biXPelsPerMeter	ความละเอียดตามแนวขวางในหน่วยพิกเซลต่อเมตร
biYPelsPerMeter	ความละเอียดตามแนวตั้งในหน่วยพิกเซลต่อเมตร
biClrUsed	จำนวนของอินเด็กซ์สีในตารางของสี
biClrImportant	จำนวนของอินเด็กซ์สีที่ถูกพิจารณาว่ามีความสำคัญในการแสดงภาพบิตแมป

## 12. การบีบขนาด

ฟิลด์ `biCompression` ใน `BITMAPINFO` จะบ่งบอกถึงประเภทของการบีบขนาดที่ใช้ ถ้า `biCompression` มีค่าเป็น `BI_RGB` ภาพบีตแมปจะไม่ถูกบีบขนาดเลย และจะใช้ข้อมูลทางด้านเกี่ยวกับ RGB แต่ถ้ามันมีค่า `BI_RLE4` หรือ `BI_RLE8` ภาพบีตแมปจะใช้เทคนิคใส่รหัสแบบ `run-length` เมื่อบีบขนาดข้อมูลแบบ 4 บิตต่อพิกเซล (16 สี) หรือ 8 บิตต่อพิกเซล (256 สี)

## 13. แผนผังของสี

ค่าที่อยู่ในฟิลด์ `biClrUsed` จะบอกเราว่าจะมีการใช้อินเด็กซ์สีหรือไม่ ถ้าบีตแมปใช้ค่าพิกเซลแบบ 1,4 หรือ 8 บิต (จะถูกกำหนดโดยค่าในฟิลด์ `biBitCount`) แผนผังของสีจะต้องถูกใช้ แต่ถ้ามันใน `biClrUsed` เป็น 0 แผนผังของสีแบบเต็มก็จะถูกใช้หรือบีตแมปจะใช้สีแบบ 24 บิตนั่นเอง ถ้าค่าของ `biClrUsed` เป็นค่าอื่นใดที่ไม่ใช่ 0 แล้วค่านั้นก็เป็นจำนวนของสีที่เครื่องมือเกี่ยวกับสี หรือไดรเวอร์ของสีจะปฏิบัติงานด้วยได้

**หมายเหตุ** แผนผังของสีในไฟล์ BMP ไม่จำเป็นต้องถูกทำให้สมบูรณ์ ไฟล์ BMP ซึ่งใช้ข้อมูลเกี่ยวกับสีแบบ 8 บิต ไม่จำเป็นต้องระบุสีทั้งหมดใน 256 สี ถ้าอิมเมจไม่ได้ต้องการมัน

ฟิลด์ `biClrImportant` ระบุถึงจำนวนสีที่แผนผังของอินเด็กซ์สี จะถูกพิจารณาว่ามีความสำคัญต่อการแสดงภาพ ถ้าค่าของมันเป็น 0 หมายความว่าสีทั้งหมดจะมีความสำคัญ ให้ความสำคัญนี้มีประโยชน์มากเมื่ออุปกรณ์สำหรับแสดงผลไม่มีความสามารถแสดงจำนวนสีทั้งหมดได้ แต่สามารถใช้เฉพาะสีที่มีความสำคัญมาแสดงผลได้ ข้อมูลเกี่ยวกับสีในแผนผังของสีจะใช้เนื้อที่ 4 ไบต์ โดยที่สีน้ำเงิน เขียว และแดง จะใช้สีละ 1 ไบต์ ส่วนไบต์ที่เหลือจะมีค่าเป็น 0

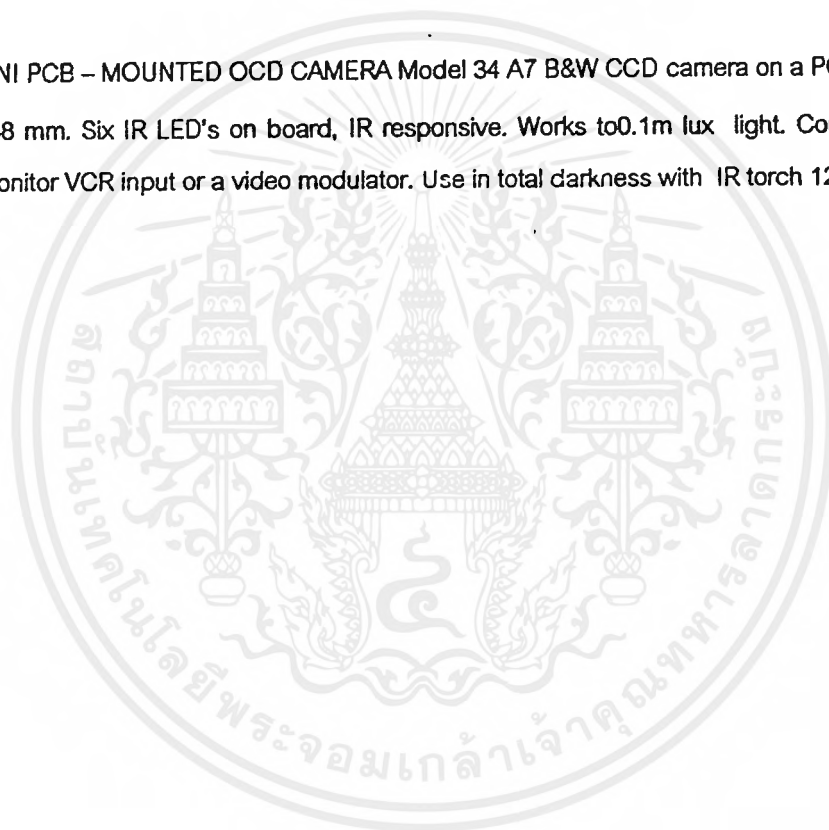


**CHARGE COUPLER DEVICE**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## CCD CAMERA

MINI PCB – MOUNTED CCD CAMERA Model 34 A7 B&W CCD camera on a PCB  
54 mm × 38 mm. Six IR LED's on board, IR responsive. Works to 0.1m lux light. Connect to any standard monitor VCR input or a video modulator. Use in total darkness with IR torch 12V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Charge-Coupled Devices

The products of a new concept in semiconductor electronics, they hold considerable promise in applications as diverse as image sensors and information-storage elements for computer memories.

By Gilbert F. Amelio *Reprinted from Scientific American February 1974*

For the past four years there has been a growing excitement among solid-state physicists about a new concept in semiconductor electronics that may someday have an impact on our lives as dramatic as that of the transistor. The new concept is charge-coupling and its practical manifestation is the charge-coupled device.

Like the transistor, the charge-coupled device is a concept of semiconductor electronics; as such it is subject to the same physical laws that govern the transistor's dynamics and fabrication. That, however, is where the similarity ends. Although the charge-coupled device shares much the same technological base with its distinguished predecessor, it is a functional concept that focuses on the manipulation of information rather than an active concept that focuses on the modulation of electric currents. Transistor technology has made possible computer-memory components with thousands of memory elements on a single chip of silicon; charge-coupling is making possible comparably sized memory components with tens of thousands or even hundreds of thousands of memory cells per silicon chip at approximately the same cost.

What is charge-coupling? It is the collective transfer of all the mobile electric charge stored within a semiconductor storage element to a similar, adjacent storage element by the external manipulation of voltages. The quantity of the stored charge in this mobile "packet" can vary widely, depending on the applied voltages and on the capacitance of the storage element. The amount of electric charge in each packet can represent information.

Perhaps the easiest way to visualize the operation of a charge-coupled device is through the use of a mechanical analogy. Imagine a machine consisting of a series of three reciprocating pistons with a crankshaft and connecting rods to drive them [see top illustration on next two pages]. On top of one or more of the pistons is a fluid. Note that rotating the crankshaft in a clockwise manner causes the fluid to move to the right, whereas rotating the crankshaft in a counterclockwise manner would cause the fluid to move to the left. Since it takes three pistons to repeat the pattern, this arrangement is called a three-phase system. If it is desired to move the fluid in one direction only, a two-phase system can be devised by imposing an asymmetry on the piston design [see bottom illustration on next two pages]. Regardless of the direction of rotation, the fluid now advances to the right.

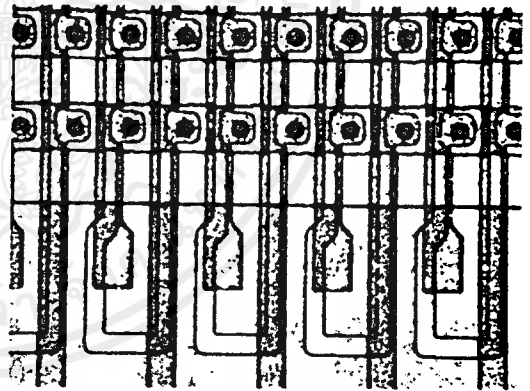
Analogous charge-coupled devices can be fabricated of silicon [see illustrations on page 26]. The devices consist of a "p type" silicon substrate (in which electrons are normally the signal carriers) with a silicon dioxide insulating layer on its surface. An array of conducting electrodes is deposited in turn on the surface of the insulator. The electrodes can be interconnected to establish either two-phase or three-phase operation. Underlying the insulator and within the bulk of the semiconductor the electrical conductivity of the silicon can be selectively altered to form "n type" material (in which not electrons but electron "holes" are normally the signal carriers).

The correspondence with the machine in the mechanical analogy is realized by supposing that the fluid represents an accumulation of electrons, that the pistons represent the potential energy associated with the voltages applied to the electrodes and that the crankshaft and connecting rods represent the driving voltages and their relative timing.

When a periodic wave form called a "clock" voltage is applied to the electrodes, some of the electrons in the vicinity of each electrode will form a discrete packet of charge and move one charge-coupled element, or unit cell, to the right for each full clock cycle. The packets of electron charge therefore move to the right as a result of the continuous lateral displacement of the local "potential well" in which they find themselves. They are thus—or so it seems—always falling.

The creation of the necessary potential well in the semiconductor substrate deserves some elaboration because of its central importance to the charge-coupling concept. In this context a potential well is a localized volume in the silicon that is attractive to electrons; in other words, it is the most positive place around and hence is a desirable location from the point of view of the negative electron. Potential wells are formed in a charge-coupled storage element by the interaction of the different conductivity-type regions of the silicon [see illustration on page 27]. This interaction forms a well for electrons such that the higher the clock voltage, the deeper the well. Any electrons in the well will move with the clock voltages.

Now, if two or more wells of different depths are placed close to one another, the wells will overlap and charge may be "coupled," or transferred, from one storage element to the next as the depth of the well is altered by the clock voltages. Thus the external clock voltages on the electrodes cause the electrons to move in packets through the semiconductor in a potential-energy trough known as a channel. This mode of electron transfer is the essence of charge-coupling.



Closeup View of a small portion near the output of a charge-coupled photosensor array is provided by this scanning electron micrograph.

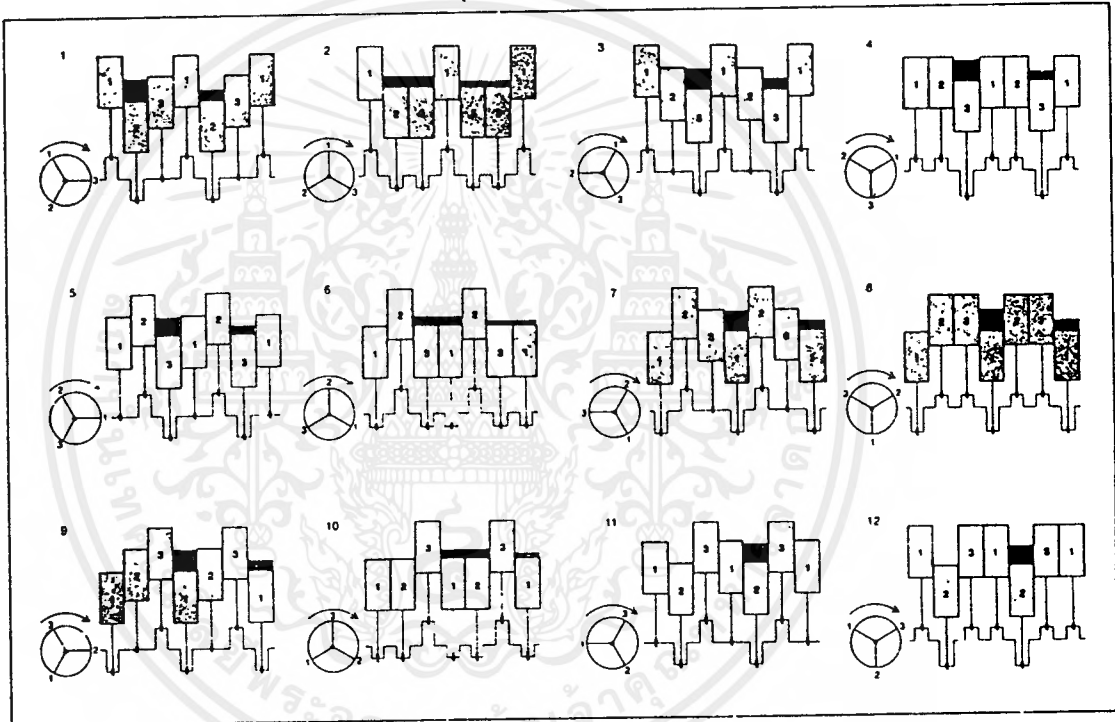
The phenomenon of charge-coupling is in itself inadequate for the purpose of constructing a useful device. A practical charge-coupled device must be able to introduce the necessary electrons into the structure and also have a means at some location in the channel for detecting the amount of charge in a packet. Thus for a structure to be classified as a charge-coupled device it must possess at least three attributes: input, charge-coupling and output.

As an example of a simple yet functionally complete charge-coupled device, consider a "shift register" consisting of eight three-phase elements, an input diode and gate and an output diode and gate [see illustration on page 28]. This structure is in fact very similar to the first charge-coupled device ever fabricated. The signal that is to be entered into the charge-coupled device is connected to the input diode, which acts as a source of electrons. If the input gate is held at a low voltage, no signal electrons can enter the channel. In order to put a packet of electrons into the device it is necessary to wait until the first-phase electrodes are in the high-voltage condition and then "turn on" the input gate by raising its voltage. Electrons fill the potential well until the energy level for electrons in the well is the same as that for the electrons in the source. The input-gate voltage is now lowered to isolate the source, and the charge packet created is ready for transfer down the channel. In the detection of the signal the charge is merely transferred to a "drain," or output diode, where it appears as a current in some external circuit. This simple

charge-coupled device fulfills the function of an eight-bit shift register, a device potentially useful in computer architecture.

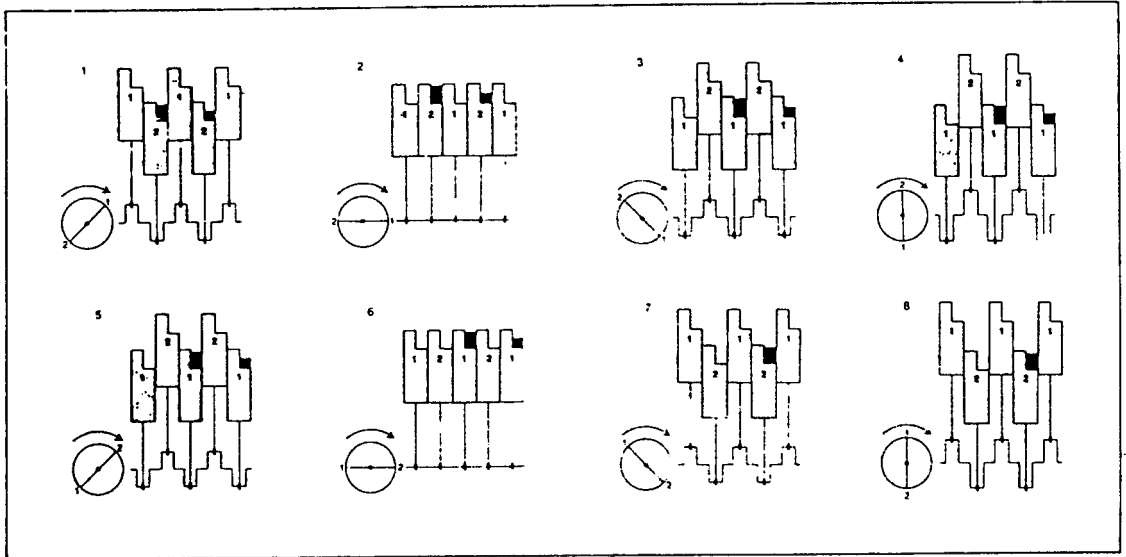
Devices fabricated and operated in this manner verify the predicted performance with one exception. Unfortunately not all the electrons advance with the packet on each transfer, and the residual charge appears in a trailing packet. The magnitude of such "charge-transfer inefficiency" is a function of the design of the device and the frequency of operation. Transfer inefficiency imposes a fundamental limitation on the speed and number of transfers for a practical charge-coupled device because of the resulting attenuation of the charge packet as it is moved through the device from one region to the next.

There are two reasons for charge-transfer inefficiency. First, the electrons may be inhibited from moving because of local regions of lower potential energy (corresponding to dents or ridges in the top of the piston in the mechanical analogy). Second, the frequency of operation may be so high that there is not enough time for all the electrons to follow the moving potential wells. The former problem is one that is influenced predominantly by the design details of the particular charge-coupled device. Researchers working on the development of such devices are continuing to explore this aspect of charge-coupling. Recent advances in technology have significantly reduced the seriousness of the problem. The problem of the speed of the electrons' motion, however, has more basic origins and deserves additional comment.



**Mechanical Analogy** useful in visualizing the operation of a charge-coupled device is depicted in this sequence of idealized drawings. The machine illustrated consists of a repeating series of three reciprocating pistons with a crankshaft and connecting rods to drive them. On top of one or more of the pistons is a fluid (color). Rotating the crankshaft in a clockwise manner, as shown in this

instance, causes the fluid to move to the right. If the crankshaft were to be rotated in a counterclockwise manner, on the other hand, the fluid would move to the left. This particular type of arrangement, which requires three pistons to repeat the pattern, is called a three-phase system. An analogous charge-coupled device can be fabricated of silicon (see top illustration on next page).



**Asymmetrical Pistons** are added to the mechanical analogue in order to introduce the operating principle of a two-phase system. Regardless of the direction in which the crankshaft is rotated, the fluid now advances to the right. In the correspondence with an actual charge-

coupled device the fluid represents an accumulation of electrons, the pistons represent the potential energy associated with the applied voltages and the crankshaft and the connecting rods represent the driving voltages and their timing.

The electrons are induced to move to an adjacent region of lower energy (that is, a deeper potential well) by a combination of three influences: self-induced forces, field-aided forces and thermal forces. Self-induced movement results from the simple fact that a high-density packet of electrons (or any similar particles) tends to spread rapidly if the constraining force is removed, as is the case when the clock voltages change. This type of force is important during the early stages of charge transfer. Field-aided movement is important if the structure is designed in such a way that electric fields exist to assist the electrons' motion in the desired direction. This corresponds to adding a slope to the top of the pistons in the mechanical analogy. If such a force is present, it is important only toward the end of the charge-transfer cycle. Thermal forces arise from the fact that the electrons receive thermal energy from the silicon lattice and as a result are free to move about randomly. In their random motion they tend to move to regions of minimum electron energy. This type of force is important at the end of the transfer cycle only if field-aided forces are absent.

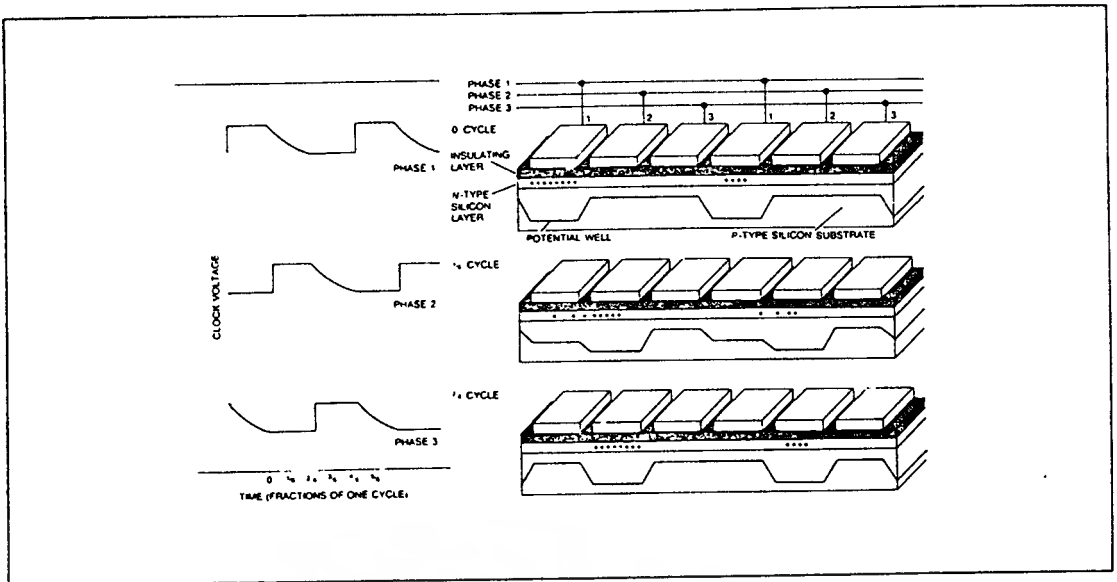
The self-induced force lasts for only a brief time at the beginning of the transfer cycle, but it is responsible for moving about 90 percent of a "saturation," or full, charge. If the field-aided force is present, it is responsible for moving most of the remaining charge at a rate directly proportional to the strength of the electric field and inversely proportional to the distance between the electrodes. If the field-aided force is not present, the remaining charge will move under the influence of thermal forces at a rate directly proportional to the temperature and inversely proportional to the square of the distance between the electrodes. This rate is usually lower than that resulting from the field-aided force, although at small dimensions it becomes increasingly significant because of its inverse quadratic dependence on distance.

Although these forces are responsible for moving only a comparatively small fraction of the total charge packet, they

are important because very little transfer inefficiency can be tolerated in practical devices. For example, if 1 percent of the charge is left behind at each transfer, most of a charge packet will have dispersed after only 100 transfers. In general the charge-transfer inefficiency must approach one part in 10,000 to be considered acceptable for most practical applications. In spite of this requirement, devices that can be operated at frequencies of up to 100 megahertz (100 million cycles per second) are possible if the structures are made small enough. With modern microelectronic manufacturing techniques it is possible to design and build a charge-coupled unit cell with dimensions of less than a mil (a thousandth of an inch) on a side, although it is not always appropriate to do so.

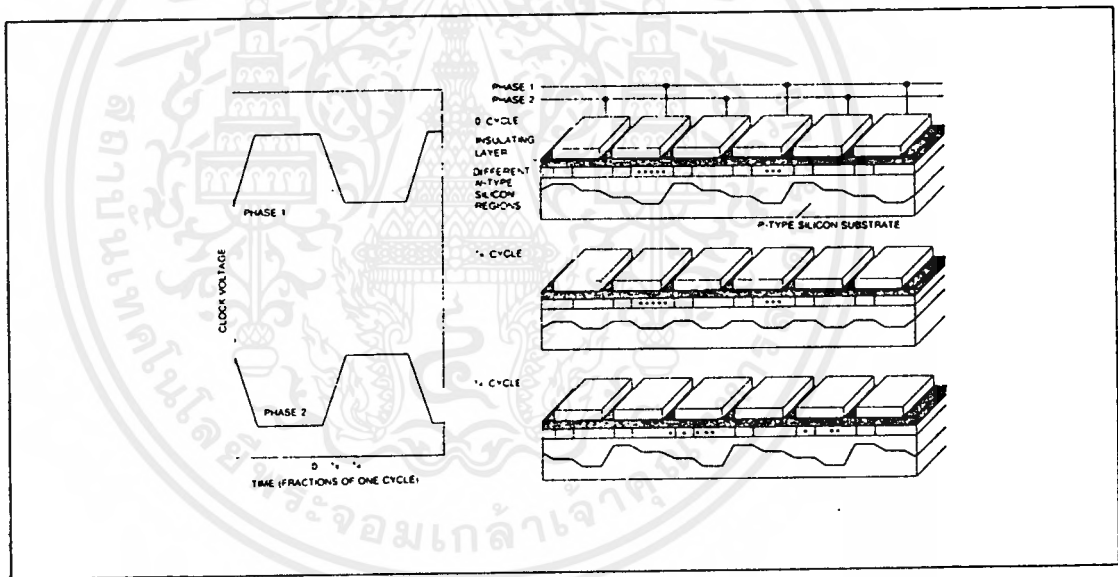
Unit cells of such small dimensions are possible because of the simple nature of the charge-coupled structure, which does not require direct contact with the silicon in the array region. This arrangement is to be contrasted with conventional transistor technology, which in general requires several contacts per functional cell. Contacts consume a significant amount of valuable silicon because of the contact area and the tolerances needed to form a good electrical connection. From the manufacturing viewpoint it is this feature more than any other that makes charge-coupled devices so attractive.

The ability to generate, move about and detect many separate packets of electrons in a small piece of semiconductor material suggests that the charge-coupling principle can be applied to fulfill a number of information-processing requirements. In particular the highly ordered manipulation of charge packets characteristic of the operation of charge-coupled devices favors uses such as image sensing, computer-memory operation and sampled-signal processing. In each case the function is achieved by a proper combination of charge-coupled unit cells that operate individually exactly as described above.



Two Three-Phase Charge-Coupled Elements are shown in the cross sectional diagram at right; the curves at left give the relative timing of the "clock voltage" wave forms for three-phase operation. The device consists of a "p type" silicon substrate (in which electrons are normally the signal carriers) with a silicon dioxide insulating layer on its surface. Conducting electrodes are deposited on the surface of the insulator. Underlying the insulator and within the bulk of the semiconductor the electrical conductivity of the silicon can be altered to form an "n

type" layer (in which electron "holes" are normally the signal carriers). When the clock voltage is applied to the electrodes, some of the electrons in the vicinity of each electrode will form a discrete packet of charge (black dots) and move one element to the right for each full clock cycle. In effect the packets of electron charge move to the right as a result of the continuous lateral displacement of the local "potential well" in which they find themselves (white contours in substrate).



Three Two-Phase Charge-Coupled Elements are shown in these cross sectional diagrams; again the curves give the relative timing of the clock voltages, this time for two-phase operation. Here the potential wells are given the required asymmetry by the introduction of different n-

type conductivity regions just under the insulating layer. As in the illustration at the top, the external clock voltages on the electrodes cause the electrons to move in packets through the n-type semiconductor layer toward the right.

Silicon, the semiconductor material of which charge-coupled devices are generally fabricated, is highly sensitive to visible and near-infrared radiation [see illustration on page 9]. In other words, when light falls on a silicon substrate, the radiation is absorbed (by means of the Einstein photoelectric effect), which results in the generation of electrons in a quantity proportional to the amount of incident light. If there is present an array of potential wells such as the one formed by charge-coupled devices, these electrons will fill the wells to a level corresponding to the amount of light in their vicinity. This "electro-optic" creation of electrons represents an input to the charge-coupled device that is entirely different from the input method required for the shift register discussed above and makes the charge-coupling concept useful for very different kinds of application. Nonetheless, the packets of electrons generated by the light can be moved, just as in the shift register, to a point of detection and converted to an electrical signal representative of the optical image incident on the device. That signal, after some conditioning, can be displayed on a cathode ray tube. In this way a charge-coupled device can become the heart of a television camera.

One of the significant advantages of charge-coupled image sensors over vacuum-tube sensors is the precise knowledge of the photosensor locations with respect to one another. In a camera tube the video image is "read" from a photosensitive material by a scanning electron beam. The position of the beam is never precisely known because of the uncertainty in the sweep circuits resulting from random electrical noise. In a charge-coupled sensor the location of the individual photosensor sites is known exactly, since it is determined during the manufacture of the component. Such "metric" accuracy is important for proper alignment in color cameras and in applications requiring data reduction of the acquired image (as in photographic missions in space and photogrammetry).

It is generally convenient for purposes of discussion to separate charge-coupled sensors into two categories: linear sensors and area sensors. A linear image sensor is a simple straight-line array of photosensors with the associated readout and sensing circuitry. An area image sensor is a two-dimensional mosaic of photosensors, again with the associated readout and sensing circuitry.

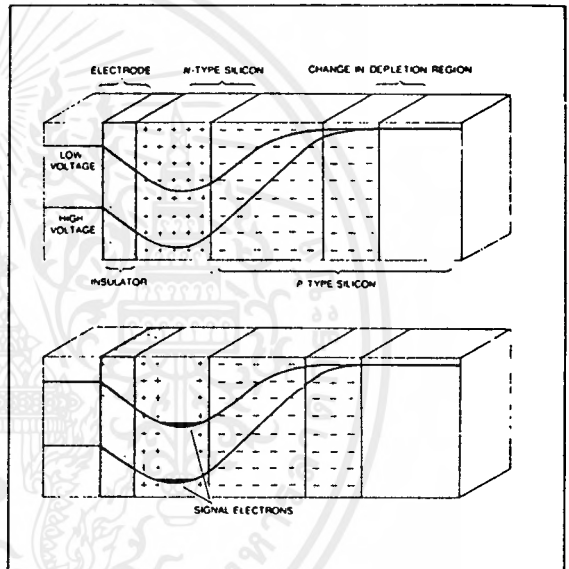
Linear image sensors are used for a host of applications, including air-to-ground and space-to-ground imaging, facsimile recording and slow-scan television. The image to be viewed is obtained by providing relative motion between the sensor and the scene with the axis of the array perpendicular to the direction of the motion. A resolution of 500 or more photosensor elements is usually required. A primitive linear imaging device can consist of nothing more than a charge-coupled shift register and an output diode. In this structure the image is acquired when one holds the potential wells stationary by stopping the voltage clocks for some period of time (the "integration time") and then rapidly reads out the information by starting the clocks. Such a simple charge-coupled device should be practical only in special applications that allow very long integration times. The reason for this limitation is the "smearing" of the image that results when the shift register is clocked at the same time that it is illuminated.

A really practical charge-coupled linear image sensor is more complex. It consists of a photosensor array for accumulating the photocharge pattern plus an associated charge-coupled shift register with one charge-coupled element for each photosensor element in order to move the resulting charge packets to an output point. The elements of the photosensor array are individual charge-coupled storage elements with a

common electrode called a photogate. They are electrically separated from one another by a highly concentrated p-type region called a channel stop. The photosensor array is separated from the charge-coupled shift register by a region over which there is an electrode called the transfer gate.

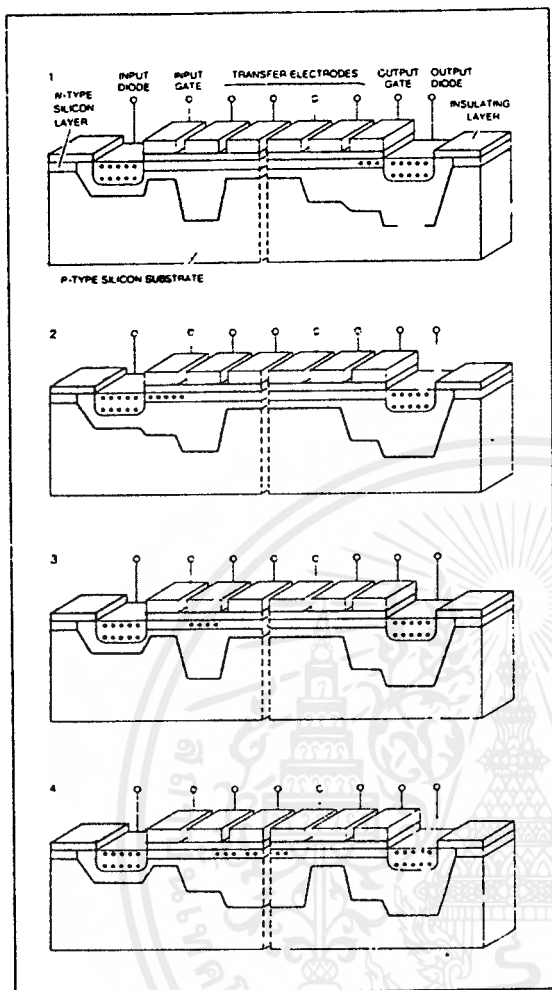
In operation the photogate voltage is held high and the charge generated by the incident radiation (the photocharge) is collected by the individual photosensor elements. At the end of the integration time the transfer-gate voltage is raised from its normally low voltage condition. The charge-coupled shift-register electrodes adjacent to the photosensor elements are also brought to a high-voltage state. The photogate voltage is then lowered and the accumulated photocharge transfers to the shift register. After that is accomplished the transfer-gate voltage is lowered and the photogate voltage is brought back to its normally high state for another integration period. Meanwhile the charge-coupled shift register is clocked for the purpose of reading out the charge pattern.

A high-density image sensor is more economically designed with one shift register on each side of the photosensor array. Since there must be one charge-coupled element for each photosensor element, the distance between photosensor elements is equal to the distance between the shift-register electrodes for a two-phase charge-coupled shift register and is equal to 1.5 times the distance between shift-register electrodes for a three-phase charge-coupled shift register. In this example the signal charge from the two three-phase shift registers is transported to a three-phase, two-element register



Potential-Energy Profiles for a typical charge-coupled information-storage element are shown here as a function of distance into the bulk of the semiconductor at right angles to its surface. (In order to show the potential wells clearly, this diagram has been rotated by 90 degrees with respect to the preceding ones.) The charge-distribution patterns are shown for two situations: with no electrons in the well (top) and with some electrons in the well (bottom). As the curves indicate, the higher the clock voltage, the deeper the well.

for delivery to the on-chip preamplifier. If two-phase technology is used, however, it is possible to shift the charge directly into an output diode, which is in turn the input to the on-chip preamplifier. Note that in either case the information-output rate of the device is twice the rate of either of the long shift registers. It is clear from this example that a two-phase



**Input and Output Operations of a simple eight-element, three-phase charge-coupled "shift register" are summarized in this series of diagrams. The signal enters the device by way of an input diode, which acts as a source of electrons. If the input gate is held at a low voltage, no signal electrons can enter the potential-energy "channel" (1). In order to put electrons into the device one must wait until the first-phase electrodes are in the high-voltage condition and then "turn on" the input gate by raising its voltage (2). Electrons fill the potential well until the energy level for the electrons in the well is the same as that for the electrons in the source. The input-gate voltage is now lowered to isolate the source (3), and the charge packet created is ready for transfer down the channel (4). The signal is detected by transferring the charge packet to an output diode, where it appears as a current.**

charge-coupled structure not only is easier to clock but also is more economical to lay out for a practical device. Even though it is somewhat more difficult to manufacture because of the required asymmetry, it is likely to dominate future designs of charge-coupled devices when fully developed.

A linear sensor can be made to produce conventional two-dimensional images [see illustration on next page]. The image to be sensed is placed on a rotating drum, which provides the necessary motion of the image with respect to the device. The speed of rotation is synchronized with the vertical scan of the monitor. The charge-coupled linear image sensor provides each horizontal video line for the monitor by a complete sensing and readout operation repeated rapidly to supply all the horizontal lines for a full frame. In many applications the device is the moving element in the system, as in aerial reconnaissance, where the device is located in an airplane or a satellite.

The quality of image reproduction achievable with a linear charge-coupled sensor is excellent, reflecting the large dynamic range of the image sensor [see illustration on page 37]. The dynamic range is the ratio of the maximum to the minimum detectable image intensity. The quality of the reproduction demonstrates the very high transfer efficiencies and low electrical noise levels that can be achieved in existing charge-coupled devices.

Area image sensors are useful primarily for television-type camera applications. The image is obtained by conventional line-by-line scanning of the array mosaic and reproduction of the resulting video signal on a standard raster-scanned cathode-ray-tube monitor. A charge-coupled area image sensor designed for such a readout mode can be designed in a manner analogous to the linear image sensor. As in standard broadcast television, the image is read out in two separate fields by first reading all the even-numbered photosensor elements in each column and then all the odd-numbered photosensor elements in each column rather than by reading the odd and even elements in parallel, as in the case of the linear image sensor.

The area image sensor operates as follows. Light falling continuously on the photosensor sites produces electrons, which accumulate as charge packets in the potential wells created by the photogate voltage. After an interval of a thirtieth of a second the charge packets collected in the photosensors adjacent to all the phase-1 electrodes are transferred to the region under the phase-1 electrodes by raising the phase-1 voltage and lowering the photogate voltage. The charge packets in photosensor sites adjacent to the phase-2 electrodes do not transfer because the phase-2 voltage remains low. After the phase-1 transfer takes place the photogate voltage again goes to its normally high state and more electrons begin to accumulate in the depleted photosensor sites. The charge packets in the opaqued shift register are now transferred to the horizontal shift register at the top of the array. Each vertical transfer fills the horizontal register, which is then read out completely, producing a line of video information at the output. After all these lines are read out (a procedure that takes only a sixtieth of a second) the photosensors adjacent to all the phase-2 electrodes are read out, and in a similar manner this second field is delivered as a video signal at the output. Finally, the entire operation begins again and is completed at regular intervals of a thirtieth of a second.

A typical image sensor designed to operate in this fashion consists of a rectangular 100-by-100 photosensor grid [see illustration on page 22]. Each photosensor element and associated readout electrode occupies only 1.9 square mils.

All 10,000 elements fit on a chip that measures .12 by .16 inch. An image taken with a camera system using such a device can be displayed on a television monitor.

This image-sensing device and others made by charge-coupled techniques are still somewhat primitive, but they clearly point the way toward a powerful camera technology. The combination of solid-state reliability, low-voltage operation, low power dissipation, large dynamic range, metric reproducibility and visible and near-infrared response offers to the potential user a compelling advantage over vacuum-tube image sensors and other solid-state image sensors.

The charge-coupling concept is basically one of semiconductor electronics rather than one of electro-optics. Because of the electro-optic characteristics of silicon, however, the light-sensing properties of charge-coupled arrays have tended to dominate this new technology. Nonetheless, the data-handling properties of such arrays may be of equal or even greater significance.

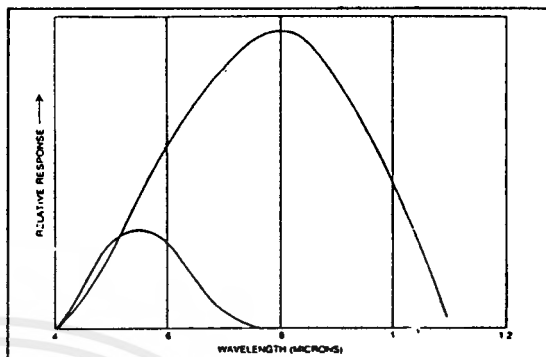
A charge-coupled semiconductor array is virtually ideal as a time-sampled analogue shift register. From the viewpoint of the electrical engineer this means a delay line where the delay is proportional to the readin/readout rate; if the array is long enough to contain the complete message, the readin and the readout rates can be different and the maximum delay available is limited only by the thermal generation of random electrons. At low temperatures several minutes of delay are possible.

As a memory or digital-storage device, charge-coupled arrays can perform the functions of sequential access or hybrid tasks such as drum or disk storage. The use of solid-state charge-coupled arrays to eliminate all mechanical motion and parts is a strong advantage of a memory consisting of charge-coupled devices.

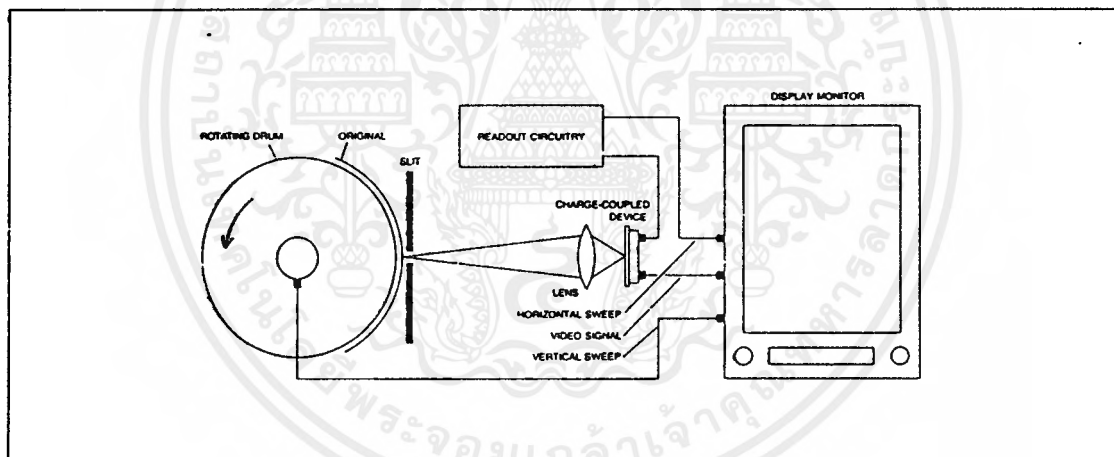
The intrinsic analogue nature of the charge packet in a charge-coupled device suggests broad potential for application to sampled-signal processing. In a fundamental sense the use of charge-coupled devices as image sensors is merely a special application of the device as an analogue shift register.

If one restricts the definition of sampled-signal devices to those with an electrical (rather than an optical) input, then the predominant members of this class are variable delay lines and filters.

A delay line is a circuit that reproduces as accurately as possible an input signal delayed by a finite period of time. A delay line is "variable" if the time delay can be altered electrically. The charge-coupled device acts as a natural delay line since any signal placed on its input diode will appear at its output in sampled form after the interval required for the charge packets to be shifted through all the elements of the structure. The charge-coupled device can be used as a delay



*Relative Spectral Responses of a charge-coupled silicon photosensor element (colored curve) and the human eye (black curve) are compared. The semiconductor material absorbs not only visible light (.4 to .7 micron) but also near-infrared radiation (.7 micron to 1.1 microns). The absorption of such radiation by a silicon substrate results in the generation of electrons in a quantity proportional to the amount of incident radiation. It is this "electro-optic" property that enables charge-coupled devices to be used as image sensors.*



Two-Dimensional Images can be reproduced with the aid of a linear charge-coupled sensor in a variety of ways, one of which is outlined in this schematic diagram. The image to be sensed is placed on a rotating drum (left) whose speed of rotation is synchronized with the vertical scan of

a conventional television display monitor (right). The charge-coupled device and the associated readout circuitry produce horizontal video lines at a rate rapid enough to build up a full-frame image on the screen of the monitor.



**Excellent Reproduction** obtained with a 500-element linear charge-coupled image sensor under widely varying light conditions is evident in these photographs. An apparatus similar to the one in the illustration on the opposite page was employed to scan the image. The photograph at left shows the original image to be scanned. The photograph at center shows the video display obtained from the charge-coupled system under optimum

lighting conditions (30 foot-candles of illumination). The photograph at right shows the video display obtained from the same system but with the light level reduced 1,000 times; to produce this picture the charge-coupled device had to move packets of approximately 400 electrons each through a centimeter of silicon without dispersion.

line in several ways. First, in the simple continuous mode the delay is equal to the number of unit cells divided by the frequency at which the device is clocked. Alternatively, whenever data appear in bursts, the charge-coupled shift register can be loaded with these data during the burst and the data retained for the desired interval and then read out. In this way, the charge-coupled device is said to perform a "buffer" function.

A charge-coupled delay line offers major advantages over the more conventional glass delay line and even significant advantages over the more exotic acoustic-surface-wave devices [see "Acoustic Surface Waves," by Gordon S. Kino and John Shaw, *Scientific American*, October, 1972]. Among these are wide dynamic range (better than 60 decibels after 30 milliseconds at room temperature) and separate electronic control of propagation velocity and delay time. Delay lines with such flexibility will be of great value in communications and television applications and will simplify existing methods of producing controlled signal delays. One special application of significant interest is a "scan-rate converter" often required in video communications. Here the charge-coupled device operates in the buffer mode described above to accept and then read out video frames at different rates so as to match practical transmission-system bandwidths with standard television-display requirements.

Extension of the simple delay-line concept leads to other sampled-signal processing devices. If a delay line is fabricated with interim taps at which the signal can be sensed and fed back to earlier stages in such a way as to affect the transmission of the data, then this structure can be used as a filter. Such a structure can be conveniently configured as a band-pass filter where the resonant frequency of the circuit is a direct function of the clock frequency. An improvement in the signal-to-noise ratio to within a decibel of the theoretical maximum has already been achieved.

Matched filters find application in wide-spectrum communications and in radar to detect weak signals in high noise backgrounds. In such applications charge-coupled devices

will complement acoustic-surface-wave devices, which generally are useful only for delays of less than 100 microseconds.

As mentioned above, a charge-coupled storage element is capable of storing a packet of electrons with a varying amount of charge, depending on the design and operating conditions of the charge-coupled unit cell. Nonetheless, there is no reason one cannot conceptually quantize the charge-handling ability of the cell and view the device as a binary digital element. For example, one can arbitrarily say that if a storage element contains a charge less than half the saturation charge, it contains a "zero," whereas if it possesses a charge greater than half the saturation charge, it contains a "one." In this way the storage element becomes a memory "bit" and a charge-coupled delay line can be made to serve the function of a digital shift register or serially accessible memory. Since this function can be performed by other technologies also, one must ask what charge-coupling has to offer. The answer is cost-effectiveness. A charge-coupled memory not only has all the advantages of a conventional semiconductor component (compatibility with other electronic circuit elements, no mechanical motion, low power and voltage, variable clocking rates and other similar features) but also offers a potentially low cost-per-bit ratio approaching that of a magnetic memory. This is a result of the inherent structural simplicity of the charge-coupled device. By virtue of this simplicity, memory arrays as large as a quarter of a million bits per component on a piece of silicon less than half an inch on a side can be envisioned.

In addition, the power necessary to sustain a charge-coupled memory device is very low since the storage element is not active. The power required to move the charge stored on one charge-coupled element to an adjacent element in a microsecond is approximately a microwatt. Moreover, in a properly organized memory it is not necessary to have all bits moving simultaneously. Thus a one-megahertz, one-megabit charge-coupled memory device would require a power of somewhere between a milliwatt and a watt to sustain it, excluding logic and other functions. The volume required for such a memory is less than that of a pack of cigarettes.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Another advantage lies in the fact that the charge-coupled device is basically analogue in nature. It is thus possible to store more than one data bit in each memory cell. This can be done by storing any one of a number of discrete levels of charge in each cell, thereby greatly increasing the information-packing density. For example, a 100,000-cell device capable of handling eight levels of charge is comparable to a 300,000-bit conventional memory. Such a memory chip would be of great value in digital-to-analogue and analogue-to-digital converters and other applications where multiple levels are achieved only by the addition of vast amounts of memory.

In view of these important prospective features of charge-coupled memory devices it appears that we are at the dawn of a revolution that will ultimately bring today's powerful digital computers directly into our everyday way of life. The charge-coupling concept, in short, is a major new innovation in semiconductor electronics. By virtue of its simplicity in design and fabrication, its high performance in terms of dynamic range and low power, and its high packing density and potentially low cost, the technology of charge-coupling will create major and unique new applications for the semi-conductors that will have a direct impact on our lives.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# BEAM DIAGNOSTICS

from the  
Technology Leader



## LBA-100A New Features

- New:** 3D display at a fast 5Hz
- New:** VGA Monitor with 128 colors or 128 shades of gray.
- New:** "Autosync" wireless synchronization to pulsed lasers.
- New:** Future firmware enhancements via 3 1/2" disk.
- Plus:** All the former advanced features of the revolutionary LBA-100 and LBA-100A Laser Beam Analyzers.

**SPIFICON**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# LBA-100A Supplementary Data

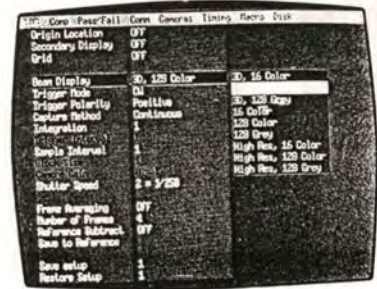


(New Features since May, 1991)

## • Isometric 3D Display At A Fast 5Hz.

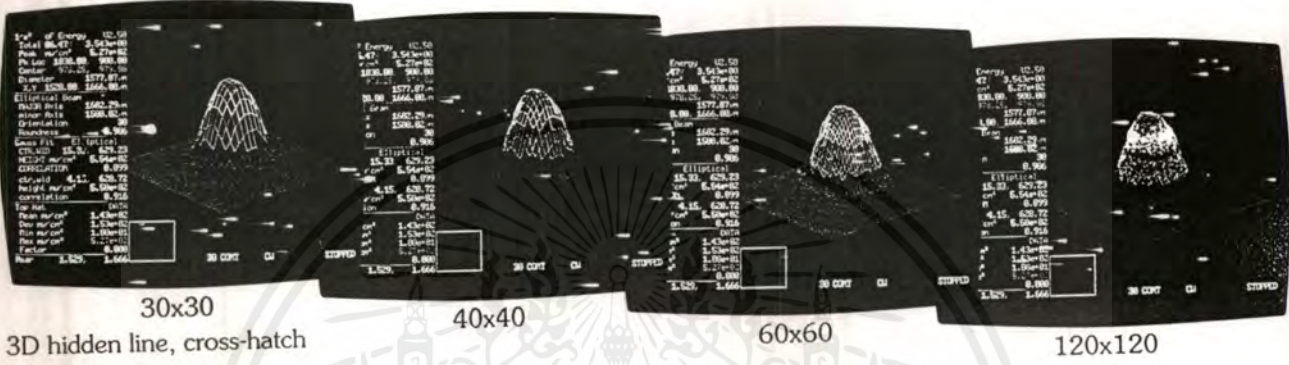
- In real time: Acquire and display beam profile  
 Rotate or tilt through 360°  
 Expand beam through 16 zoom levels  
 Pan to area of interest  
 Average adjacent pixels for better S/N

Fast isometric display update enables the user to quickly characterize the laser beam and to perform real-time tuning and adjustments.



Display options menu

## • Resolution Options



30x30 3D hidden line, cross-hatch

40x40

60x60

120x120



30x120 3D hidden line, no cross-hatch (x lines only by pixels/line)

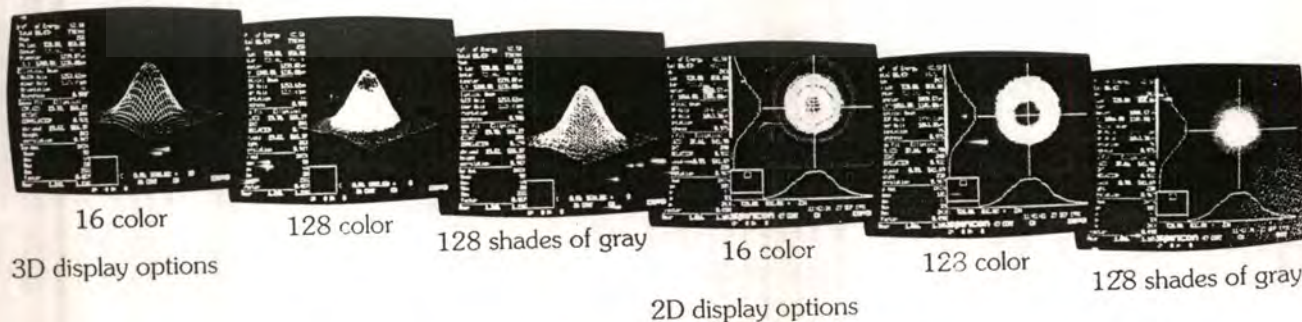
40x120

60x120

120x120

27 Resolution format options allow the user to choose the display that is best for his application, either the fast 5Hz update at 30x30, the full resolution 120x120, or the clear display without cross-hatch. The low resolution format not only provides faster display but also provides improved S/N by averaging adjacent columns and rows of pixels.

## • Color Options



16 color

128 color

128 shades of gray

16 color

128 color

128 shades of gray

3D display options

2D display options

Color options allow the user to choose the screen display that gives the optimum visual effect for his application. Sixteen colors highlight major beam structure; 128 colors bring out finer detail; 128 shades of gray, especially on 2D displays, highlight the subtle aspects of the beam structure.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Camera Selection Guide

## Laser Beam Analyzer Models LBA-100i and LBA-100A

Spiricon's innovative and exclusive LBA-100A hardware and software design allows interface to many different camera types. This allows you to have the camera that works best for your individual application. The Laser Beam Analyzer interfaces to RS-170, CCIR, and many cameras that are not standard. We provide the following selection guide and chart to assist you in the choice of a camera, or cameras, that best meet your needs. In addition to the specification chart, we have provided a small applications recommendation chart to assist in this decision.

The majority of the specifications in the enclosed tables are taken directly from the camera manufacturer's data. Therefore, we assume no responsibility for the accuracy of this data. We have converted the manufacturer's sensitivity data from photometric units specified in foot candles to radiometric units of watts per square centimeter and joules per square centimeter, for the convenience of laser users. This conversion is an approximation, and is very wavelength dependent.

Please note that any of these cameras

listed, as well as some others, can be immediately interfaced to the LBA-100A and LBA-100i Laser Beam Analyzers. Because of Spiricon's exclusive Autocalibrate (patent pending) function, you can switch at will from one camera to another. This is in contrast to other beam diagnostics manufacturers that claim interfaceability to many cameras, but fail to tell you that the instrument must be returned to the factory to be re-calibrated for each camera change.

Spiricon engineers are constantly working to be the industry's best supplier of beam diagnostic instrumentation. Achieving the unparalleled satisfaction of our customers is our greatest source of pride and satisfaction.

The following are observations relative to the various cameras available, to enable you to make the best possible selection for your application. The notes below are coupled to the numbers in parentheses at each point of the selection chart.

**SPIRICON**<sup>®</sup>  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Camera Selection Chart

Silicon CCD

MODEL (1) (1) - Numbered Notes	CID 2250-A4 (5)	COHU 4800 (6)	COHU 6400/6500 (6)	COHU 6700 (6)	COHU 4913 COHU 4915 (9, 10)	PII (9)
Resolution, TV Lines Number of Elements	512 X 505	754 X 488	739 X 484	699 X 576	768 X 494	768
Element Pitch $\mu\text{m}$	15 X 15	11.5 X 13.5	8.5 X 9.9	9.2 X 8.3	8.4 X 9.8	8.4
Area $\text{mm}$	7.7 X 7.6	8.7 X 6.6	6.3 X 4.9	6.4 X 4.8	6.5 X 4.8	6.5
Max Viewable Beam, (2) $\text{mm}$	7.2	6.4	4.7	3.9	4.7	4.7
Material	Silicon CID	Silicon CCD	Silicon CCD	Silicon CCD	Silicon CCD	Silic
Spectral Response $\text{nm}$	190-1100	190-1100 190-1300 (9)	190-1100	190-1100	190-1100	190-
Readout	Line Transfer Non-Interlaced	Frame Transfer Interlaced	Frame Transfer Interlaced	Frame Transfer Interlaced	Interline Transfer Interlaced	Inter Inter

## CW OPERATION

Full Video $\mu\text{W}/\text{cm}^2$	1	0.2	0.25	0.19	0.3	0.3
S/N $\text{dB}$	46	60 (8)	55	55	50	50

## PULSED OPERATION

Full Video $\text{nJ}/\text{cm}^2$	40	3	4	3	5	5
Max. Pulse Rate (3) $\text{Hz}$	30	60	60	50	30	30

## MECHANICAL SPECIFICATIONS

Dimension $\text{Inch}$	3.37 X 3 X 6.82	2.72 X 2.3 X 5.5	1.8 X 1.5 X 2	1.8 X 1.5 X 2	2.6 X 2.5 X 6.3	1.8 X
Weight $\text{Oz}$	36	15.5	4	4	18.5	6

## APPLICATIONS (R=Recommended)

CW Operation	R	R	R	R	R	R
Electronic Shutter (4)			R	R	R	R
Pulse Timing from Laser		R	R	R	R	R
High Resolution		R (CW only) (6)	R (CW only) (6)	R (CW only) (6)	R (9,10)	R (9)
Low Noise		R	R	R	R	R
Low Spatial Distortion	R	R	R	R	R	R
Short Pulse Laser		R	R	R	R	R
RS-170 Compatible		R	R		R (4915)	R
CCIR Compatible				R	R (4913)	
Integration			R (6500 only)	R		
Remote Head			R (Standard)	R (Standard)		R (11)
Linear Response	R (7)	R	R	R	R	R
Long Wavelength (> 1100 nm)		R (7)				
Short Pulse YAG at 1.06 $\mu\text{m}$		R	R	R	(10)	(10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0nm to 1.1µm

PbO-PbS Vidicon λ = 400nm to 2.2µm

PULNIX TM-6 (9, 10)	PULNIX TM-745E (9, 10)	PULNIX TM-765E (9, 10)	
768 X 493	768 X 493	756 X 581	
11 X 13	11 X 13	11 X 11	
8.5 X 6.4	8.5 X 6.4	8.3 X 6.4	
6.2	6.2	5.2	
Silicon CCD	Silicon CCD	Silicon CCD	
190-1100	190-1100	190-1100	
Interline Transfer Interlaced	Interline Transfer Interlaced	Interline Transfer Interlaced	

Electrophysics 7290 (14, 15)	Electrophysics 7290-06 (14, 15)	Hamamatsu C2741-03 (14, 15)	
700	700	700	
19.5 X 19.5 (16)	19.5 X 19.5 (16)	19.5 X 19.5 (16)	
12.7 X 9.5	12.7 X 9.5	12.7 X 9.5	
9.0	9.0	9.0	
PbO-PbS	PbO-PbS	PbO-Pbs	
400-1800	400-2200	400-1800	
1" Vidicon Interlaced	1" Vidicon Interlaced	1" Vidicon Interlaced	

0.3	0.3	
50	50	

5@1500 nm 50@1800 nm	5@1500 nm 100@2200 nm	5@1500 nm 50@1800 nm
44	44	46

5	5	
30	25	

83@1500 nm 830@1800 nm	83@1500 nm 1660@2200 nm	83@1500 nm 830@1800 nm
1	1	1

1.8 X 3.0	1.3 X 1.7 X 4.7	1.3 X 1.7 X 4.7
6.7	6.7	

3.5 X 5.3 X 11.4	3.5 X 5.3 X 11.4	3.86 X 4.1 X 8
112	112	70

R	R	
R (12)	R (12)	
R	R	
R (9,10)	R (9,10)	
R (13)	R (13)	
R	R	
R	R	
R	R	
R	R	
R (Optional)	R (Optional)	
R	R	
(10)	(10)	

R	R	R
R (CW only) (17)	R (CW only) (17)	R (CW only) (17)
R (18)	R (18)	R (18)
R	R	R
(Optional)	(Optional)	
R	R	R

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The following are observations relative to the various cameras available to enable you to make the best possible selection for your application. The notes below are coupled to the numbers in parenthesis at each point of the selection chart.

Please note that cameras purchased from Spiricon for use with the Laser Beam Analyzer include special alignment and option features. These features add increased cost over the list price of a basic camera. For the majority of laser beam diagnostic applications these options are essential for accurate and reliable operation. These include such options as: windowless detector to eliminate fringe patterns, low noise electronics, extended frame integration, special synchronization timing, etc.

### Notes To Camera Selection Guide

(1) The cameras described in this comparison are available with many factory options which are too numerous to detail on this chart. The information contained herein is general in nature and is not an assurance that any camera not purchased through Spiricon will operate as recommended.

(2) Refers to the maximum beam dimension that can be displayed on the LBA-100(A) in lowest magnification.

(3) In normal (non-shuttered) camera operation, this is the fastest rate at which the laser may pulse and the camera can still separate one pulse from the next. It is not the rate at which the LBA-100A can acquire pulsed data. With electronic shutter operation, (see note 4) higher rate laser pulses can be split out by matching the laser repetition rate to the shutter speed.

(4) Various shutter speeds and options are available with different makes and models. Consult manufacturer specifications.

(5) This Line Transfer camera produces non-linear responses when operated asynchronously with pulsed lasers. We do not recommend this camera for pulsed laser operation unless the LBA-100A is used to trigger the laser.

(6) With pulsed lasers, the Frame Transfer style camera will capture single laser pulses in only one field thus having the effect of reducing the stated camera resolution by 1/2.

(7) Some of the COHU 4800 cameras have been found to operate at wavelengths as long as 1300 nm, however response is only about 1/1000th of the peak level. The camera manufacturer makes no guarantee of performance at 1300 nm. As an option, Spiricon will screen cameras for operation at this wavelength.

(8) This is the value specified when supplied with a low noise factory option.

(9) These Interline Transfer cameras offer the highest resolution with pulsed lasers because they output the pulse in both fields.

(10) The TM-6/7, TM-745/765, COHU 4913/4915 cameras have been observed to create a ghost image when operating with pulsed YAG lasers at 1060 nm. Therefore, we recommend the other COHU cameras for this wavelength and pulse condition.

(11) These cameras are not available with remote heads, but are already so small that they are approximately equivalent in size to other cameras which have separate remote heads.

(12) The remote head version of these cameras exhibits significant nonuniform black level offset at low shutter speed. See TM-6/7 or COHU 6400/6500/6700 as alternatives for small physical camera size and use of shutter.

(13) The remote head version of these cameras is somewhat noisier than the self contained versions. See TM-6/7 or COHU 6400/6500/6700 as alternatives.

(14) These Lead Sulfide vidicon tube cameras have non-linear responses, with gamma factors which can vary from .45 to .7. Starting with software V.4.5, Spiricon's LBA-100A provides a gamma correction for these cameras.

The cameras also exhibit long lag times ranging from a few seconds to minutes depending upon exposure. Lag in the tube camera limits laser pulse rate to approximately 1Hz or less. All of these tubes suffer from significant amounts of shading. The shading in the extended range tubes can be excessive and may warrant purchasing a camera with shading correction electronics.

(15) At the longer wavelengths the PbS vidicon tube responsivity drops off significantly. It will be quite possible that the tube's damage threshold will be exceeded prior to reaching video saturation. Use extra care when employing these cameras.

(16) For tube style cameras the element pitch is estimated from the number of visible vertical lines divided into the vertical height.

(17) With pulsed lasers, these vidicon tube style cameras will capture single laser pulses only in one field, thus cutting by one half the number of available lines from the interlaced output.

(18) Only recommended for pulsed laser operation if the laser can be triggered by the LBA-100A.

(19) The Platinum Silicide Infrared CCD cameras have liquid nitrogen dewar cooling. These cameras are available in various formats and detector sizes. These cameras are not offered through Spiricon and one size is shown here for comparison purposes only.

(20) With Pyroelectric vidicons the tube damage threshold is only about 5 times the video saturation level. Therefore use extra care when employing these cameras.

(21) Pyroelectric vidicons provide the advantage of higher resolution than pyroelectric matrix arrays. However, the pyroelectric matrix arrays provide up to 4 times larger area, a factor of 100X wider dynamic range, more accurate spatial definition, a 2 year warranty versus a limited tube life, synchronized chopping for CW lasers and operation with pulsed lasers in the same device.

(22) These cameras require an optional synchronous chopper to operate in CW mode.

(23) Lag in the pyroelectric tube limits the laser pulse rate to approximately 1 Hz or less.

(24) Pyroelectric vidicon cameras provide an RS-170 output, however both video fields are from the same spatial location; i.e. the tube scanning format is non-interlaced. In addition, the tube's target is overscanned.

### DAMAGE THRESHOLD POWER/ENERGY DENSITIES FOR VARIOUS CAMERA DETECTOR TYPES\*

Detector Type	CW power in mW/sq.cm.	Pulse energy in mJ/sq.cm.	Multiples of video saturation
Pyrocam I	8000	20 (1ns pulse)	2X
		600 (1µs pulse)	60X
Pyro Vidicon	40	40	5X
PbS Vidicon	10	10	5X
CCD/CID	15	1.0	1000X

\*Information obtained from camera manufacturers. Spiricon is not responsible for the accuracy of this information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**SPIRICON<sup>®</sup>**  
**Laser Beam Diagnostics**

Spiricon, Inc., 2600 N. Main, Logan, UT 84321  
Phone (801) 753-3729 FAX (801) 753-5231

© Copyright May, 1994, Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 5/94

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Expanded Performance Features

## Beam Profile and Other Displays

### 3D Real Time (5 Hz) Beam Profile Displays

- ° Color Options = 16 Colors. 128 Colors. 128 Shades of Grey. Green or Orange solid color X  
X  
X
- ° Resolution Options X
  - Cross-hatch = 30x30, 40x40, 60x60, 120x120 X
  - Hidden Line = 30x120, 40x120, 60x120, 120x120 X
- ° "ZOOM" Control = 1X (120x120), 2X (60x60), 3X (40x40), 4X (30x30) X
- ° ROTATE Beam Display in 5° increments through 360°. X
- ° TILT Beam Display in 5° increments through +/- 90°. X

### 2D Real Time (12 Hz) Beam Profile Displays

- ° High Resolution Mode (464x360 display, 512x480 data storage) X
- ° Color Options = 128 Colors. 128 Shades of Grey X  
X
- ° Pointing Stability Histogram X

## Additional Calculations

- ° Aperture Overlay (All calculations within selected aperture) X
  - Aperture Configurations: Square, Rectangle, Circle, Ellipse.
  - Continuous Aperture Sizing and Positioning.
- ° Pointing Stability Statistics X
- ° Far Field Divergence & Separate X and Y X
- ° Knife-edge Beam Width Measurement X
- ° Enhanced Gaussian Fitter X

## Additional Synchronization and Control Features

- ° GENLOCK Capability to all Cameras X
- ° "AutoSync" or "Video Trigger" X
- ° Digital GAIN and BACKGROUND Controls X
- ° "AUTOCALIBRATE" to precisely set GAIN-BACKGROUND levels. X
- ° "BEAMFINDER" to center beam within the display box. X
- ° Fast HOT-KEY to toggle 2D - 3D displays. X

## Additional Interface and Control Features

- ° 3.5" Disk Drive - 720kByte / 1.44MByte, or 2.88MByte X
- ° High Speed IEEE-488 GPIB X
- ° Video RAM Expansion Option to 4MBytes X
- ° Upgrade Capability via Disk Drive X
- ° Data Saved to Disk or Hard Drive (ASCII ".") X
- ° Data Saved to Disk or Hard Drive (ASCII ".") X
- ° Save Graphics Files (.TIF, .PCX, WIN.BMP) X
- ° Lock Menu Settings using Personal Password X
- ° Screen Prompt Scrolling from Computer GPIB Commands X
- ° Display Comment Line and Record with File X

## New Features

- ° Gamma Correction for Vidicon Cameras X
- ° Enhanced Diameter Measurement Capability X
- ° Compatible with Pyrocam I, 128 x 128 Cameras X
- ° Print Apertures and Secondary Data X
- ° Printer Interface to HP LaserJet X

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc., 2600 N. Main, Logan, UT 84321  
Phone (801) 753-3729 FAX (801) 753-5231

© Copyright June, 1993, Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 6/93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# PERFORMANCE FEATURE COMPARISON

## SPIRICON, INC.

### LASER BEAM ANALYZERS

Spiricon Inc. offers three price-performance options of Laser Beam Analyzer for use with Silicon CCD, PbO-PbS, and Pyroelectric vidicon cameras including:

- \* the **LBA-100:** with **standard** performance features
- \* the **LBA-100i:** with **extended** performance features
- \* the **LBA-100A:** with **advanced** performance features

All three laser beam analyzers contain the standard display and performance features listed below. The LBA-100i and LBA-100A laser beam analyzers contain extended or advanced performance features as listed in the "Expanded Performance Features" section on the reverse side of this page.

#### **Standard Features - LBA-100, LBA-100i, and LBA-100A.**

##### **Display Features:**

- \* 2D False Color Contour Plot - 16 Colors
- \* "ZOOM" Range (120x120 pixels) = 1X, 2X, 4X
- \* "PAN" Control
- \* X and Y Cross-section Profiles
- \* X-Y Cursors for precise beam measurements
- \* Overlay Grid for coarse dimensions

##### **Signal Processing Features:**

- \* Multiple Frame Averaging to 256 Frames
- \* Background or Reference Frame Subtraction
- \* Block Data or Continuous Data Collection

##### **Synchronization and Control Features:**

- \* CW and Pulsed Laser Capability
- \* Internal / External Pulse Synchronization
- \* Pulse Trigger Delay Control
- \* Front Panel Video GAIN and BACKGROUND Null Control

##### **Interface and Control Features:**

- \* Pull-down Menus
- \* HELP screen from Keypad
- \* Save Four (4) Setup Configurations
- \* Save Display Data - Binary Format
- \* RS-232C and IEEE-488 GPIB Interface
- \* Interface Software - IBM PC MS-DOS (.TIF conversion available)
- \* Multi-camera Menu Selection
- \* Printer Output Port

##### **Calculations Performed:**

- \* Total POWER or ENERGY
- \* Beam Peak Power / Energy Density
- \* Beam Centroid Location
- \* Beam Peak Power / Energy Location
- \* Off-axis Elliptical Beam Dimensions
- \* TOP-HAT Measurements  
Whole Beam Data Points
- \* Gaussian Fits  
Whole Beam  
Elliptical - Major and Minor Axis
- \* PASS - FAIL Calculations
- \* Divergence Measurement  
Near Field

continued on back

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Call your local sales representative for a demonstration of the Spiricon Laser Beam Diagnostic Instruments. There is a Spiricon instrument to fit every laser application regardless of beam size or wavelength.

## UNITED STATES REPRESENTATIVES

### NEW ENGLAND

CT.MA.ME.NH.RI.VT  
DLG Associates  
Bill Eramo  
Phone: (508) 877-7880

### NORTHEAST ATLANTIC

NY.NJ.PA  
Non-Linear Devices  
Marty Phillips & Gail Mann  
Phone: (201) 337-0666

### MIDWEST

IA.IL.OH.MI.MN.MO.WI  
Scientific Spectrum Midwest  
Stan Potempa & Mike Melody  
Phone: (708) 323-7767

### SOUTH CENTRAL

TX.OK.LA.AK  
Southwestern Engineering  
& Equipment Company  
Fred & Scott Harmon  
Phone: (214) 340-1741

### MOUNTAIN WEST

UT.CO.WY.ID.MT  
Southwestern Engineering  
& Equipment Company  
Ken Crowe  
Phone: (303) 581-9526

### SOUTHWEST

AZ.NM  
Southwestern Engineering  
& Equipment Company  
Brandon Hanna  
Phone: (505) 881-3677

### NORTHERN CALIFORNIA

Scientific Logics  
Jutta Recktenwald  
Phone: (408) 446-3575

### SOUTHERN CALIFORNIA

Blue Line Associates  
Rudy Garza  
Phone: (714) 581-0743

## INTERNATIONAL REPRESENTATIVE-DISTRIBUTORS

### AUSTRALIA

Laser Electronics (OPS) P/L  
Craig Holberton  
Phone: (075) 960177

### P.R. CHINA

Golden Earth Corporation  
Phone: U.S. Office  
(714) 761-8657  
Mrs. Mimi Chou  
Phone: Beijing Office  
1-2595569  
Professor Shen Xiong

### DENMARK

Optilas Denmark  
Michael Lund  
Phone: 03-9406066

### ENGLAND (U.K.)

Laser Lines Ltd.  
Steve Knight  
Phone: (0295) 267755

### FRANCE & BELGIUM

Pclytec Pl: Division RMP  
Dr. Francis Levy  
Phone: (1) 47 00 28 00

### GERMANY, AUSTRIA

Polytec GmbH  
Dr. Hans Holbach  
Phone: (0 72 43)604-0

### HOLLAND

Optilas B.V.  
Pieter Kramer  
Phone: (0)1720-31234

### INDIA

Paul Enterprises  
Dr. S.D. Paul  
Phone: 6839610

### ISRAEL

Lahat Technologies  
Kfir Ben-Yehuda  
Phone: 04-800151

### ITALY

Laser Optronic  
Renato Maffia  
Phone: (02)270.00.435

### JAPAN

Hakuto Co. Ltd.  
T. Tanaka  
Phone: 03-3225-8910

### KOREA

Sam Joong Science Corp.  
H.J. Sohn  
Phone: 2-547-9544

### MALAYSIA

Hisco SDN. BHD.  
Hoe Min  
Phone: 03-7334236

### POLAND, CZECHOSLOVAKIA, HUNGARY, SOLVENIA, CROATIA

RBM - R. Braumann GmbH  
Munich, Germany  
Renate Braumann  
Phone: 0049-89-156011

### SOUTH AFRICA

Hitech Lasers (Pty) Ltd.  
J.L. Olivier  
Phone: 012-841-2755

### SPAIN

Lasing, SA  
Valentin Guadano  
Phone: 1-3775006

### SWITZERLAND

GMP, SA  
Pierre-Francois Ducommun  
Phone: 021/634 81 81

### TAIWAN ROC

Titan Electro-Optics Co., Ltd.  
W.H. Chang  
Phone: (02)788-9500

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc. • 2600 North Main • Logan, Utah 84321 • (801) 753-3729 • FAX (801) 753-5231 • Telex 296465 SPIR UR  
© Copywrite November 1993. Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 11/93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# IMPORTANT INFORMATION

The rapid development of the many innovative LBA-100A performance features is reflected in the enclosed product literature. The principal brochure is a 12-page, full color, LBA-100A product brochure containing the original **LBA-100 performance features in black text** and the **LBA-100A features in both black and red text**. Following the printing of this brochure, Spiricon introduced a **3D** display format and expanded the basic LBA-100A performance features. These additional performance features are described in the 4-page, full-color brochure. Always responsive to customer requests for extended features, Spiricon has included the following features in the latest version, 4.5, of the LBA-100A.

## "Autocalibrate" and "Beamfinder"

The "**Autocalibrate**" feature automatically sets the CCD Camera baseline offset for accurate measurements. The "**Beamfinder**" feature automatically centers the laser beam within the main screen display and sets the proper Zoom level.

## Beam Width Results

Based on the proposed ISO Standards document Knife-edge technique, "Beam Width" results are usually more accurate and repeatable than are "Beam Diameter" results. "Beam Width" dimensions are displayed as "**M**" (Major axis) and "**m**" (Minor axis) of the beam when "Elliptical Beam Fitter" is turned ON. "Beam Width" dimensions are displayed as "**X**", "**Y**" if the fitter is turned OFF.

## Top-Hat Measurement Permutations

Over 40 Top-Hat measurement permutations are available based on Top-Hat type, Aperture selection, and Elliptical Fitter ON-OFF status. This feature permits the customer to perform Top-Hat Data, Area Aperture, and Line Aperture measurements based on Drawn or Displayed Apertures. The resulting Mean, Std. Dev., Min and Max data is based on the diameter, data in the aperture, or data on the axial line in the aperture.

## Fast 2D - 3D Display Toggle

Pressing the "7" key will toggle the display back and forth between the 2D and 3D displays in about one second. This feature allows the user to quickly check 2D beam irregularities with a 3D perspective.

## New Image and Data File Formats

Frame Image Files can be saved in ".TIF", ".PCX", and ".BMP" bitmap image files for importing into word processor, paint, and draw software programs. Frame Data Files can be saved in ASCII (,) or ASCII (SP) formats to facilitate post processing of frame data.

## Added Comment Line to Data/Image Files

A 90-character Comment Line can be added to data/image files. When file is displayed, the first 20 characters are displayed in green at the bottom of the main screen display. When printed, the Comment Line appears for each frame being printed.

## Future Up-grade Capability Using 3.5" Disk Drive

All hardware and firmware "hooks" have been implemented to provide simple and fast upgrades using the internal 3.5" disk drive.

## Gamma Correction

Corrects for Vidicon Cameras with non-linear output. This is especially useful for PbO-PbS Cameras.

## New Printing Options

HP LaserJet Printer, secondary data and aperture position.

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc., 2600 N. Main, Logan, UT 84321  
Phone (801) 753-3729 FAX (801) 753-5231

© Copyright November, 1993, Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 11/93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีก้านำไปใช้

## Typical Starting Attenuation For Various Video Cameras

CCD Camera Maximum Laser Power Density (W/cm <sup>2</sup> )	LBS-100
	ND Filter Combinations (With 4% Reflection Wedge)
100	4 + 2 + 0.7
10	4 + 1 + 0.7
1	4 + 0.7
1 X 10 <sup>-1</sup>	3 + 0.7
1 X 10 <sup>-2</sup>	2 + 0.7
1 X 10 <sup>-3</sup>	1 + 0.7
1 X 10 <sup>-4</sup>	0.7

PyroCam II Maximum Laser Energy Density* (J/cm <sup>2</sup> )	LBS-100IR
	CaF <sub>2</sub> Flats (With 0.1% Reflection Wedge)
70	4
28	3
11	2
5	1
1.8	None

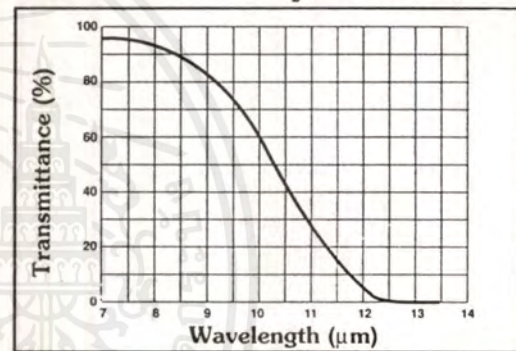
\*Example given for PyroCam model PY-1032.  
Other models depend on specific saturation intensity.

**NOTE:** Typical damage threshold of CCD camera sensor is approximately  $1.5 \times 10^{-4}$  W/cm<sup>2</sup> and  $1.0 \times 10^{-3}$  J/cm<sup>2</sup>.  
 Typical saturation level of CCD camera sensor is approximately  $0.3 \mu\text{W/cm}^2$  and  $4 \text{ nJ/cm}^2$ .  
 ND filter maximum power density is  $5 \text{ W/cm}^2$  CW.  
 ND filter maximum energy density is  $300 \text{ J/cm}^2$  (1ms pulse).  
 Exposure to laser power/energy levels greater than the values listed here may cause permanent damage to the ND filter materials, which may also result in permanent damage to the camera.

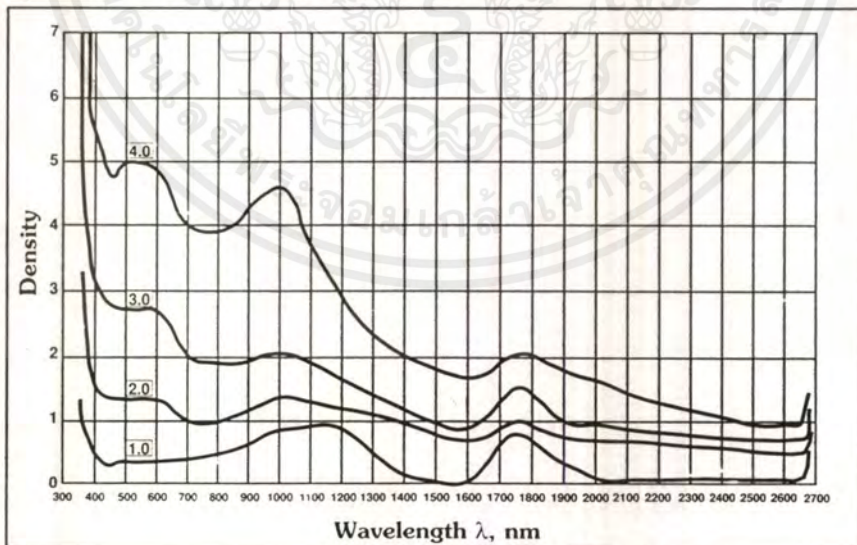
### Neutral Density Filter Characteristics (standard set)

Neutral Density Filter	Transmission %
0.3	50
0.7	20
1.0	10
2.0	1
3.0	0.10
4.0	0.01

### Transmission — CaF<sub>2</sub> (3mm thick)



### Spectral Attenuation Curves — ND Filters



**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

©April 1992 • Spiricon Inc. • 2600 North Main • Logan, UT 84321 • (801) 753-3729 • FAX (801) 753-5231  
 • Printed in the USA •

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Laser Beam Sampler / Attenuator

Model LBS-100 for visible and near IR  
Model LBS-100IR for 10.6 $\mu$ m and far IR



- Samples laser beam while experiment is in progress
- Compatible with all "C-mount" Video Cameras and PyroCam II
- 6.5° Wedge samples pass-through beam
- Left-hand or Right-hand sampling

The models LBS-100 and LBS-100IR Laser Beam Sampler / Attenuators are designed to be utilized as an integral component of the LBA-100A Laser Beam Analyzer and PyroCam systems. Capable of right-hand or left-hand beam sampling and wide dynamic range, the LBS-100 and LBS-100IR minimize diagnostic setup time and facilitate in-situ laser beam analysis of pulsed and CW applications.

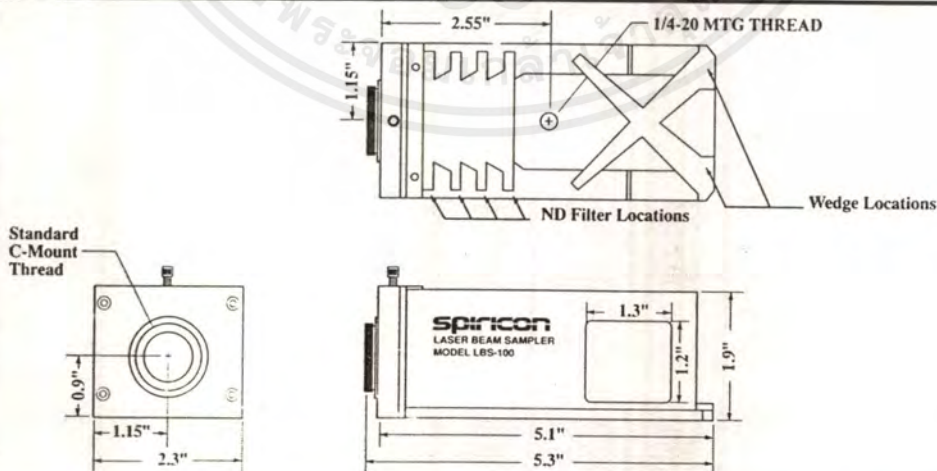
The LBS-100 has an uncoated, 6.5° Quartz wedge that intercepts the laser beam and diverts 4% of the beam power/energy through the neutral density filters to the

video camera. 92% of the laser beam is transmitted to the experiment target. (The transmitted beam is deflected by  $\approx 4.5^\circ$  from the original path. It is elongated by  $\approx 5\%$  in the axis of the wedge).

The LBS-100IR has a 6.5° ZnSe wedge coated for minimum reflection at 10.6 $\mu$ m that diverts 0.1% of the beam to the camera. A set of four CaF<sub>2</sub> flats are used for additional attenuation at 10.6  $\mu$ m.

A slipping collar with locking setscrew permits the LBS-100 to be interfaced with a C-mount camera, at any angle of rotation.

## Mechanical



**Spiricon**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## LBS-80

The LBS-80 consists of a quartz prism that reflects a front surface image towards a CCD camera. (Internal reflection in the quartz prism causes the pass-through beam to exit the prism near the corner at an odd scattering angle.) The LBS-80 incorporates mounting for the prism and the CCD camera in conjunction with each other. The prism can be mounted such that the laser beam can be fed from the top, from the left, or from the right. The mounting plates and structure are such that a variety of CCD cameras, as shown in Table 1 below, can be attached to the unit with mounting blocks adjustable for each camera type. The entire assembly can be mounted to an optical table using a 1/4-20 standard mounting screw.

The quartz prism provides a reflection of approximately 4% of the beam into the camera.

Table 1. Compatible Camera Types

Pulnix TM-745 Pulnix TM-765 Pulnix TM-7 Pulnix TM-6 COHU 4910 COHU 4800 COHU 6500
---

### NOTES:

- Typical damage threshold of CCD camera sensor is approximately  $1.5 \times 10^{-4} \text{ W/cm}^2$  and  $1.0 \times 10^{-3} \text{ J/cm}^2$ .
- Typical saturation level of CCD camera sensor is approximately  $0.3 \mu\text{W/cm}^2$  and  $4 \text{ nJ/cm}^2$ .
- ND filter maximum power density is  $5 \text{ W/cm}^2$ .
- ND filter maximum energy density is  $300 \text{ J/cm}^2$  (1ms pulse).
- Exposure to laser power/energy levels greater than the values listed here may cause permanent damage to the ND filter materials, which may also result in permanent damage to the camera.

## LBF-50

The LBF-50 Laser Beam Attenuator consists of a C-mount (1 inch, 32 threads per inch) mounting ring that screws onto the front of a standard CCD camera.

The mounting ring accepts up to three neutral density filters for optimum attenuation, from .5 to  $1 \times 10^{-8}$ , of the laser beam. With the quartz prism of the LBS-80, the attenuation range is from  $4 \times 10^{-2}$  to  $4 \times 10^{-10}$ . A series of six bulk absorbing ND filters are part of the standard filter set and allow attenuation over a variety of levels. These filters contribute minimal interference effect between surfaces because of the bulk absorption. With the use of focused beams the wave fronts impinging on the surfaces are not parallel and interference is reduced even further. Table 2 is a listing of the attenuation factors of the six filters.

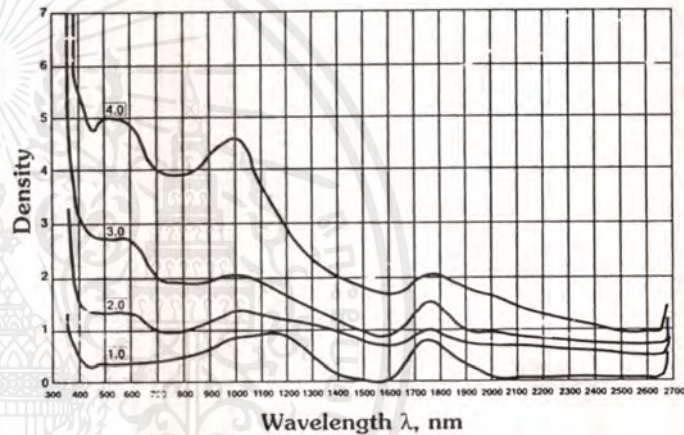


Figure 1. Spectral Attenuation Curves for ND Filters

Table 2. Filter Set Combinations

ND Filters	Transmission
0.3	$5 \times 10^{-1}$
0.7	$2 \times 10^{-1}$
1.0	$1 \times 10^{-1}$
2.0	$1 \times 10^{-2}$
3.0	$1 \times 10^{-3}$
4.0	$1 \times 10^{-4}$

# Spiricon

## Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc., 2600 N. Main, Logan, UT 84321  
 Phone (801) 753-3729 FAX (801) 753-5231

© Copyright April, 1993, Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 4/93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Laser Beam Sampler/Attenuator

## Models LBS-80/LBF-50 For Short Focus Laser Beams

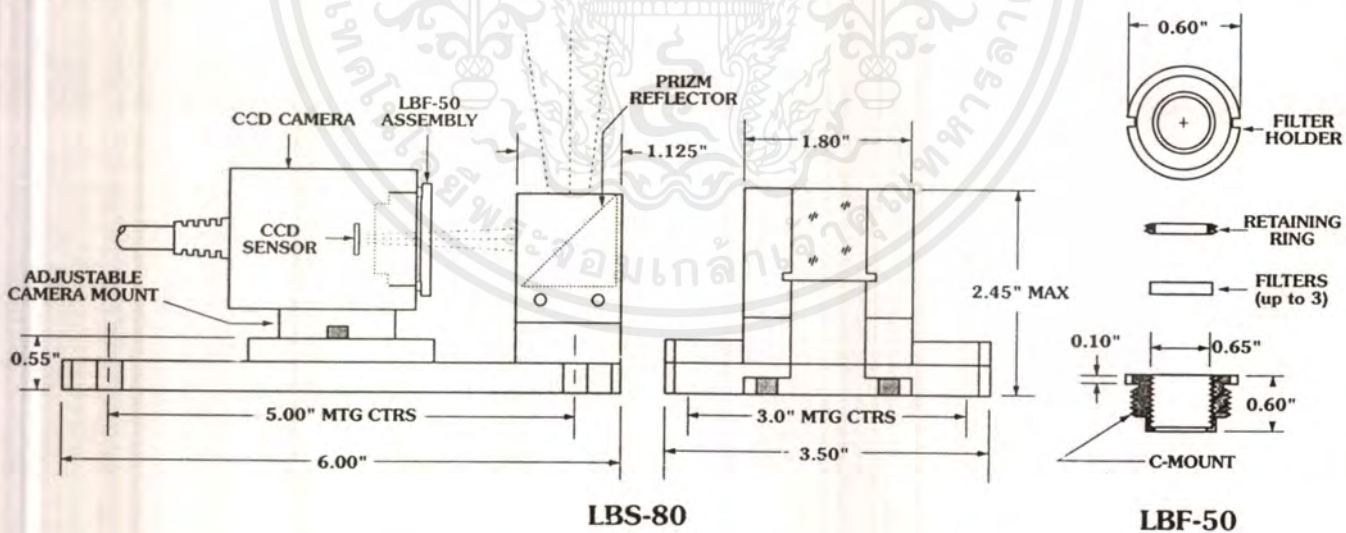


- Provides Sampling and Attenuation of Laser Beams
- Permits Alignment of Focused Laser Beams

The models LBS-80 Laser Beam Sampler and LBF-50 Laser Beam Attenuator work in conjunction with each other to enable laser beams having passed through a short focal

length lens to be imaged onto a CCD camera surface. This enables alignment and analysis of the laser beam at the focal point.

### Mechanical



LBS-80 Holder and LBF-50 Filter and Retainer

**SPRICON**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Display Software Model LBA-3D

## Isometric 3D Laser Beam Display

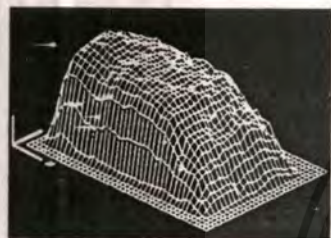
LBA-3D software provides isometric 3D beam profile displays on IBM PC compatible computers. It controls the LBA-100 and LBA-100A for data acquisition, transfer and storage. It can directly read data files saved on the LBA-100A diskettes (720KB and 1.44MB format).

LBA-3D calculates and displays laser beam spatial data with a large variety of options. Selections include isometric 3D displays, with or without hidden line removal, and with or without cross-hatching. It also displays contour plots, either superimposed upon the isometric or by themselves. The beam profile is displayed at any rotation and tilt angle, even on contour plots.

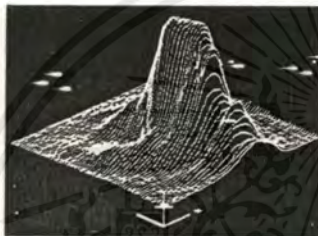
Two-color isometric plots enhance the visual resolution of high density displays. Zoom provides high resolution analysis by plotting a partial image.

Vertical magnification of 1X, 2X, 4X and 8X are selectable for optimum viewing of signal magnitude.

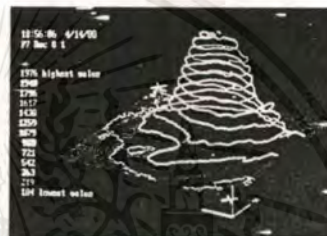
"Slicing", or pixel combining, is programmable in multiples of 2. The slicing process averages groups of adjacent pixels for 3D display on a computer monitor. The slicing has the additional advantages of averaging adjacent pixels which improve signal-to-noise ratio.



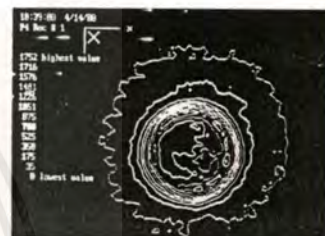
Hidden line removal with crosshatch.



Hidden line removal without crosshatch.



Isometric with color contour plots.



Contour plots in color.

### Specifications

- |   |   |  |
|---|---|--|
| <p>A. Write and read data files to and from hard disk.</p> <p>B. Communication with LBA-100 via GPIB or serial communication port.</p> <p>C. Disk data files are exportable for off-line user specified processing.</p> <p>D. Supports nearly all IBM compatible dot matrix printers and HP7475A plotter.</p> <p>E. Data acquisition functions include:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Autologged time capture with option to display, print or save each capture to disk.</li> <li>2. Captures single shot and down loads one new frame of data.</li> <li>3. Transfers multiple LBA-100A frames to disk.</li> </ol> <p>F. Performs the following quantitative functions:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Gain adjust.</li> <li>2. Averaging.</li> <li>3. Reference frame subtraction.</li> <li>4. Total energy.</li> <li>5. Diameter.</li> <li>6. Centroid location.</li> <li>7. Gaussian fit.</li> <li>8. Top Hat statistics.</li> <li>9. Divergence.</li> <li>10. Jitter.</li> <li>11. Peak-to-average energy or peak-to-total energy ratio.</li> </ol> | <p>12. Least square cylinder fit.</p> <p>G. Beam Profile Displays</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Isometric three-dimensional options include:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. With or without hidden line removal.</li> <li>b. With or without cross-hatch.</li> <li>c. Any angle viewing, <math>\pm 15^\circ</math> rotation, <math>\pm 5^\circ</math> tilt.</li> <li>d. Up to 32X32 matrix single-color display.</li> <li>e. 64X64 matrix in two-color display for enhanced visual resolution.</li> <li>f. Full camera data display for 120X120 matrix frames.</li> <li>g. Pan/Zoom for full-resolution analysis of sub-area.</li> <li>h. Programmable display magnitude in factors of 1, 2, 4, 8.</li> <li>i. Calibration factor displayed in <math>0^\circ</math>, <math>0^\circ</math> orientation.</li> </ol> </li> <li>2. Contour plots, options include:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Eleven levels in eleven colors.</li> <li>b. Levels mapped: 2, 10, 20 . . . 80, 90, 98 percent of peak or same percent of full scale.</li> <li>c. Displayed at any angle, including traditional flat angle from top or <math>\pm 15^\circ</math> rotation and <math>\pm 5^\circ</math> tilt through 360 degrees.</li> <li>d. May be superimposed on</li> </ol> </li> </ol> | <p>isometric display.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>3. Quick plots, single X and Y axis, options include:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Drawn through peak.</li> <li>b. Drawn trough center of energy centroid.</li> <li>c. Drawn through user selected position.</li> <li>d. Displayed at any angle, <math>\pm 15^\circ</math> rotation, <math>\pm 5^\circ</math> tilt.</li> </ol> </li> <li>4. Comparison displays, options include:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Primary data only.</li> <li>b. Both primary and secondary data simultaneously.</li> <li>c. Secondary data subtracted from primary data and difference displayed.</li> <li>d. Secondary data only.</li> <li>e. Secondary data options include:                 <ol style="list-style-type: none"> <li>(1) Best fit calculated data, either Gaussian or cylinder.</li> <li>(2) Manually defined Gaussian or cylinder.</li> <li>(3) Previous data recovered from disk.</li> </ol> </li> </ol> </li> </ol> |
|---|---|--|

**SPIRICON®**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

See other side.

# Interface Software Model LBA-Link

## Data File Link to Computer

LBA-Link is an interface program that supplies commands to link the Laser Beam Analyzer LBA-100 and LBA-100A to an IBM PC compatible computer.

"C" source code and documentation are included with LBA-Link to facilitate user conversion for other computers and GPIB boards.

LBA-Link allows data transfer to the host computer as well as data return to the LBA-100 or LBA-100A for display in numerical analysis. LBA-Link supports a serial port or National Instruments GPIB communications.

Baud rate for serial communications is set using the DOS MODE command. Allowable baud rates are 300, 1200, 2400 or 9600. (Baud rates of 19200 and 38400 can be set on the PC by a programmer.)

LBA-Link downloads frames of data and the frame status from

the LBA-100 and writes the data and status to a disk file. The frame status contains the date and time the frame was captured, the camera code, the zoom and pan settings, the pixel scale and units, and the energy values and units entered to calibrate the LBA-100 (everything needed to recreate dimension and energy results from the data).

LBA-Link uploads frames of data to the LBA-100 and sets the status to match the LBA-100 status at the time the frame was captured. Setting the status causes the LBA-100 to display the same computation and energy results as when the frame was captured.

LBA-Link can download high resolution mode data frames as well as standard LBA-100 frames.

LBA-100A disk file format is compatible with LBA-Link file format.

The following National Instruments GPIB boards are the only interface cards supported by LBA-Link and LBA-3D

GPIB-PC III	NI part number 776114
AT-GPIB.2	NI part number 776204
AT-GPIB	NI part number 776204

**SPIRICON**<sup>®</sup>  
Laser Beam Diagnostics

©May, 1992 • Spiricon Inc. • 2600 North Main • Logan, UT 84321 • (801) 753-3729 • FAX(801) 753-5231  
• Printed in the USA •

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า *See other side.*  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Options:

## Prices

Upgrade Options.....	Model LBA-100 to LBA-100A(V 5.0).....	\$3995.00
	Model LBA-100A (V 2) to LBA-100A (V 5.0)	\$2495.00
	Model LBA-100A (V 3) to LBA-100A (V 5.0)	\$ 895.00
	Model LBA-100A (V 4) to LBA-100A (V 5.0)	\$ 595.00
	Model LBA-100A (V 4.1) to LBA-100A (V 5.0)	\$ 495.00
	Model LBA-100A (V 4.5) to LBA-100A (V 5.0)	\$ 295.00
	Model LBA-100i (V 1.5) to LBA-100A (V 5.0)	\$3495.00
Camera Options .....	Model Pulnix TM-700RH.....	Add \$ 200.00
	For remote head option on TM-745 and TM-765 cameras. Specify cable entry: Top, Bottom, Left, Right, Rear.	
	Model COHU 4800-IR Opt + Integration	Add \$ 300.00
Interface Software.....	Model LBA-3D/A .....	\$ 499.00
	Display and signal processing software for IBM PC compatible computer.	
	Model LBA-Link /A .....	\$ 99.00
	Transfer data files to and from a PC compatible computer.	
Laser Beam Sampler.....	Model LBS-100 (Spectral Range = VIS-Near IR).....	\$2095.00
	Includes:	
	Model LBS-100-M/W (mechanical housing & wedge)	\$1240.00
	Model LBS-100-ND (neutral density filter set)	\$ 855.00
	Model LBS-100 IR (Spectral Range = 10.6µm)	\$3285.00
	Includes:	
	Model LBS-100-IR/W (mechanical housing & wedge)	\$2200.00
	Model LBS-100-IR/F (Set of 4 CaFl flats)	\$1085.00
	Model LBS-80 UV-VIS-NIR Beam Sampler	\$ 495.00
	Model LBF-50 ND Filter Set and Holder	\$ 795.00
Extra High Density 3.5" Disk Drive.....	Model DD 2.88MB (replaces 1.44MB drive) (LBA-100A only).....	\$ 495.00
Expanded Video RAM.....	Model VRAM 1MB (maximum of 2 per unit).....	\$ 199.00
Camera Cable.....	Model CC-Camera Model.....	\$ 95.00
	(Purchased separately for your own camera, or additional cameras.) (Cables longer than 6', specify length, add \$50.00 + \$5.00/ft.)	
Color Printers.....	Model HP 500C Desk Jet .....	\$ 595.00
	Model HP 550C Desk Jet	\$ 780.00
	Model HP-3630A-004 Paint Jet	\$1025.00
	Model HP-C1645A Paint Jet XL 300	\$3430.00
	Printer Interface Software Model 10309-001.....	\$ 105.00
	(Allows LBA-3D and LBA-3D/A to print on HP Paint Jet and HP Laser Jet printers).	
Manual.....	Additional Operator's Manual.....	\$ 50.00

### Two-year Product Warranty

Spiricon, Inc. warrants to the original purchaser that Spiricon manufactured products and all components therein contained will be free from defects in material and/or workmanship under normal use and service for TWO YEARS from the date of shipment. Cameras, monitors, computers, disk drives, and other purchased assemblies are covered under the original manufacturers' warranties.

**SPIRICON®**  
Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc., 2600 N. Main, Logan, UT 84321  
Phone (801) 753-3729 FAX (801) 753-5231

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ © Copyright May, 1994, Spiricon, Inc., Logan, Utah. All Rights Reserved. Printed in the USA 5/94

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Ordering Information and Price List

## Laser Beam Analyzer Models LBA-100, LBA-100i, LBA-100A

A complete Laser Beam Analyzer system consists of a Laser Beam Analyzer, a monitor, and a camera.

		Prices
Improved Laser Beam Analyzer..... or	Model LBA-100i-120 (120V, 60Hz).....	\$ 4995.00
	Model LBA-100i-230 (230V, 50Hz)	\$ 4995.00
Advanced Laser Beam Analyzer.....	Model LBA-100A-120 (120V, 60Hz).....	\$ 7450.00
	Model LBA-100A-230 (230V, 50Hz)	\$ 7450.00
VGA Monitor.....	Model VGA-14" ).....	\$ 450.00
Qualified Cameras ..... Cameras supplied by Spiricon include special alignment and option features specifically for laser beam analysis and optimum interface between the laser and the LBA-100, LBA-100i, or LBA-100A Refer to the Camera Selection Guide for camera details.	Model CID 2250-A4.....	\$ 4090.00
	Model COHU 4800	\$ 2090.00
	Model COHU 4913 (CCIR), 4915 (RS-170)	\$ 1245.00
	Model COHU 6400	\$ 2560.00
	Model COHU 6500	\$ 3825.00
	Model COHU 6700	\$ 2435.00
	Model Pulnix TM-7 (RS-170), TM-6 (CCIR)	\$ 1245.00
	Model Pulnix TM-745E (RS-170), TM-765E (CCIR)	\$ 2090.00
	Model Electrophysics PbS 7290-02 (RS-170/120 VAC)	\$ 4750.00
	Model Electrophysics PbS 7290-02E (CCIR/230 VAC)	\$ 4875.00
	Model Electrophysics PbS 7290-06 (RS-170/120 VAC)	\$ 5950.00
	Model Electrophysics PbS 7290-06E (CCIR/230 VAC) (Spectral range extended to 2.2µm)	\$ 6075.00
	Model Hamamatsu C2741-03	\$11,995.00
	Model Hamamatsu C2741-03ER	\$11,800.00
	Model Spiricon Pyrocam I PY-128 X 128-100A (A grade)	\$19,900.00
Model Spiricon Pyrocam I PY-128 X 128-100B (B grade)	\$14,900.00	
Model Electrophysics Pyro 5400-MZ-00 (RS-170) (Without internal chopper)	\$12,650.00	
Model Electrophysics Pyro 5450-MZ-00 (RS-170) (With internal chopper)	\$17,980.00	
Model Electrophysics Pyro 5400-MZ-0E (CCIR) (Without internal chopper)	\$12,750.00	
Model Electrophysics Pyro 5450-MZ-0E (CCIR) (With internal chopper)	\$18,100.00	
Beam Propagation Analyzer..... (LBA-100A and camera not included.)	Model M <sup>2</sup> -101..... (Requires LBA-100A V 5.0. Price includes free software upgrade of LBA-100A for versions 4.1 and later. A credit of \$495.00 is applicable to the purchase of any LBA-100A upgrade from versions 4.0 and earlier.)	\$ 9,900.00
Discount Packaged Systems*.....	System with LBA-100 (Used).....	\$ 4495.00
	System with LBA-100i	\$ 6495.00
	* System includes LBA Analyzer, COHU 4913 or 4915 Camera, Monitor, LBF-50 Filter Set and Holder	

See options on back side

Terms: NET 30 to approved accounts  
FOB: Logan, Utah USA  
Delivery: 30 to 120 days ARQ depending on  
specific camera availability

**SPIRICON**<sup>®</sup>  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเชิงธุรกิจเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Prices subject to change without notice 5/94

# Currently Available Features/Channel

## Configuration Options:

1. Control and data access through PC computer only
2. Individual keypads per channel
3. Individual 3.5" disk drives per channel
4. Combinations of above
5. Full height rack
6. Half height rack
7. Dual racks
8. RS-170, CCIR or *Pyrocam* cameras

## Hardware:

DSP (digital signal processor) and 68020 microprocessors operating in parallel  
8 bit digitizer  
Digital gain and background control  
Genlock to camera  
"Autosync" trigger to pulsed sources  
VGA monitor  
Printer output  
Up to 4Mb video RAM  
3.5" disk drive  
Interface via IEEE-488, RS-232C, or Modem

## Custom Software:

Optical inspection  
Robotics  
Machine vision

## Laser Beam Diagnostics Software:

Basic laser beam calculations:

Total power or energy  
Beam centroid  
Diameter  
Peak position  
Peak intensity

Advanced beam calculations:

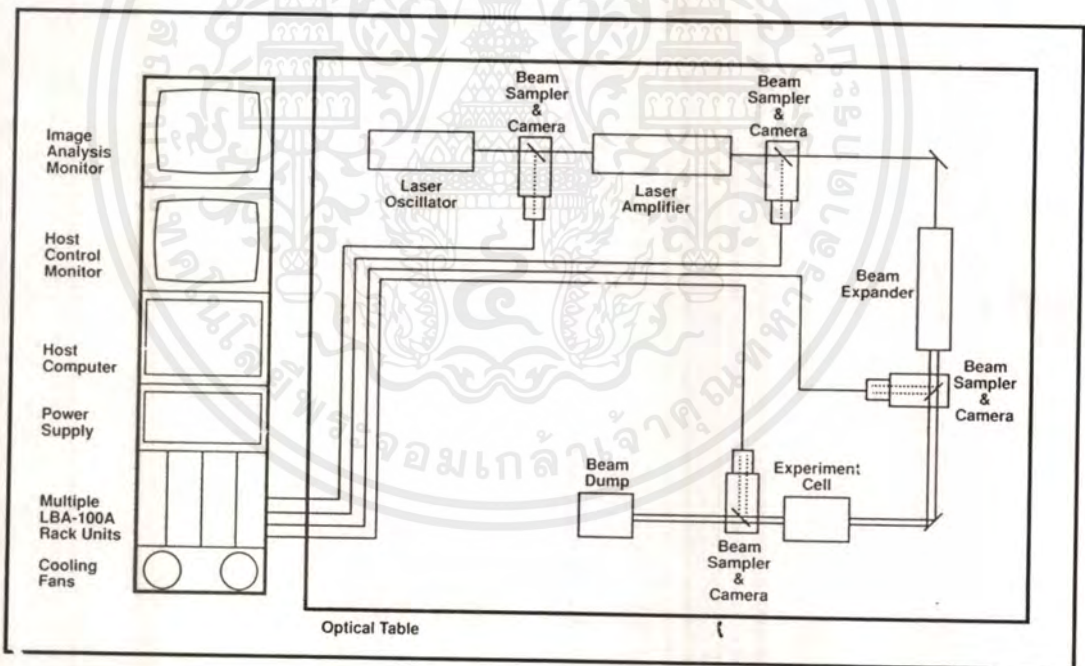
Gaussian fit  
Top Hat analysis  
Divergence  
Aperture (power-in-the-bucket)  
Pointing stability statistics  
Pass/Fail indicators

## Display Options:

2D false color contours in 16 or 128 colors  
2D shades of grey  
3D isometric at a fast 5Hz  
Full screen high resolution display  
X and Y cross-section profiles

## Data Processing Options:

Background subtraction  
Multiple frame averaging  
CW or pulse synchronization  
"Auto calibrate" automatic background and gain adjustment



Typical system application

# SPIRICON

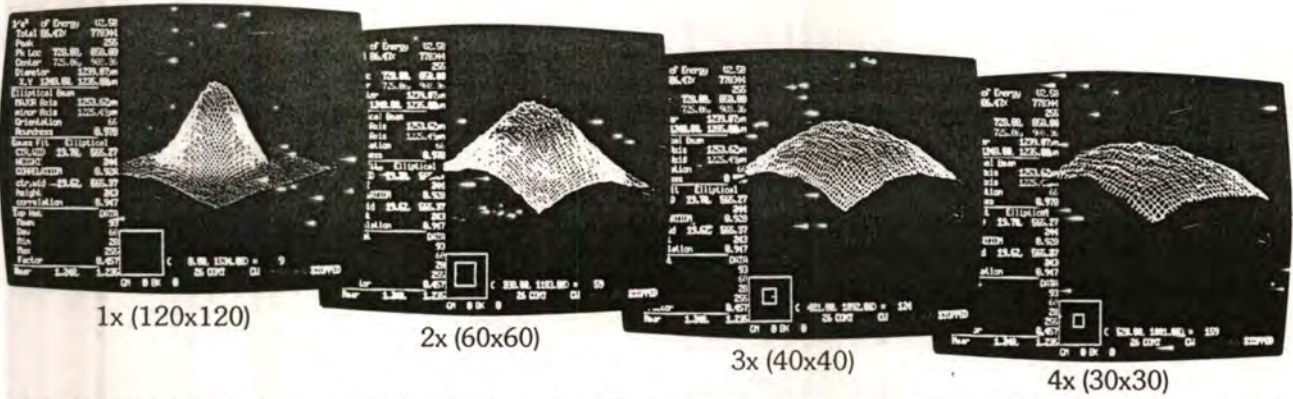
## Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc., 2600 N. Main. Logan, UT 84321 Phone (801) 753-3729 FAX (801) 753-5231  
© Copyright May, 1992, Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 5/92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## 3D Zoom And Pan



Isometric zoom begins from any of the 1x, 2x, or 4x 2D zoom levels, giving a total zoom capability from 1x to 16x.

The 16 zoom levels allow optimum viewing of large beams to small beams, and investigation of fine structure on any beam.

## Pan To Any Detector Location

Pan permits viewing in fine detail the structure on any part of the beam.

## Rotate And Tilt Display Through 360°

Fast rotate and tilt controls permit rapid positioning of the beam display to secure the optimum viewing angle during real-time beam analysis.

## Print Screen Capability



Printing of all display options provides maximum versatility for reports and documentation.

## Auto-Sync Triggering

Auto-sync triggering detects the beam video signal from the camera and synchronizes the LBA-100A to the laser for beam capture.

Auto-sync triggering eliminates the need for a sync trigger from the laser for trouble-free capture of each laser pulse.

## Digital Gain And Background Switches

The variable gain and background front panel controls of the original LBA-100 and LBA-100A have been replaced by digital controls.

Digital switches enable the user to return to identical control positions for subsequent tests.

## Future Firmware Enhancements

The LBA-100A V3.0 EPROMS are compatible with EEPROMS that enable future firmware enhancements using 3.5" disks.

Software enhancements enable users to keep up with the latest features and beam diagnostics technology.

**Call (801) 753-3729 for a 12-page catalog listing other dynamic features of the LBA-100A. and Call for a demonstration and a quotation.**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Call Your Local Sales Representative For A Demonstration

## DOMESTIC

### NEW ENGLAND

CT,MA,ME,NH,RI,VT  
DLG Associates  
Bill Eramo  
Phone: (508) 877-7880

### NORTHEAST ATLANTIC

NJ,NY,PA  
Friedman Associates  
Jerome Friedman  
Phone: (908) 964-6200

### ATLANTIC

D.C.,DE,MD,VA,EASTERN WV  
Spectroscopy Systems  
Dick McCarty  
Phone: (301) 949-8261

### SOUTHEAST

AL,FL,GA,MS,NC,SC,TN  
McMahan Electro-Optics, Inc.  
Bob McMahan  
Phone: (407) 645-1000

### MIDWEST

IN,KY,MI,OH,WESTERN PA  
WESTERN WV  
Mecom, Inc.  
Jerry Matz  
Phone: (419) 457-3231

### MIDWEST

IA,IL,MN,MO,WI  
Scientific Spectrum Midwest  
Stan Potempa  
Phone: (708) 485-0200

### SOUTH CENTRAL

TX,OK,LA,AK  
Southwestern Engineering  
& Equipment  
Scott Harmon  
Phone: (214) 340-1741

Houston Office

Vince Buonassisi  
Phone: (713) 781-8710

## MOUNTAIN WEST

UT,CO,WY,ID,MT  
Southwestern Engineering  
& Equipment  
Ken Crowe  
Phone: (303) 428-3955

## SOUTHWEST

AZ,NM  
Southwestern Engineering  
& Equipment  
Brandon Hanna  
Phone: (505) 881-3677

## NORTHERN CALIFORNIA

Scientific Logics  
Jutta Recktenwald  
Phone: (408) 446-3575

## SOUTHERN CALIFORNIA

Blue Line Associates  
Rudy Garza  
Phone: (714) 581-0743

## INTERNATIONAL

### AUSTRALIA

Laser Electronics, Pty. Ltd.  
Craig Holberton  
Phone: (075) 53 2066

### ENGLAND (U.K.)

Laser Lines Limited  
Steve Knight  
Phone: (0295) 269651

### FRANCE, BELGIUM

RMP  
Dr. Francis Levy  
Phone: (1) 47 00 28 00

### GERMANY

Polytec GmbH  
Dr. Hans Holbach  
Phone: (0 72 43) 604-0

### HOLLAND

Optilas B.V.  
Arend Kooi  
Phone: (0)1720-31234

## INDIA

Paul Enterprises  
Dr. S.D. Paul  
Phone: 6839610

## ISRAEL

Landseas, Ltd.  
Boaz Frenkel  
Phone: 329-9091

## ITALY

Laser Optronic  
Dr. Sergio A. Panizza  
Phone: (02)42.29.490

## JAPAN

Hakuto Co., Ltd.  
H. Ichijo  
Phone: 03-3597-8910

## KOREA

Sam Joong Science  
H.J. Sohn  
Fax: 2-547-9544

## MALAYSIA

Hisco SDN. BHD.  
Hoe Min  
Phone: 03-7334236

## SOUTH AFRICA

Hitech Lasers (Pty) Ltd.  
J.L. Olivier  
Phone: 012-841-2755

## SPAIN

Lasing, SA  
Valentin Guadano  
Phone: 1-2683643

## SWEDEN

Saven AB  
Urban Noren  
Phone: 8-630-9300

## SWITZERLAND

GMP SA  
Jean-Jacques Goy  
Phone: 021/634 81 81

## TAIWAN ROC

Titan Electro-Optics Co., Ltd.  
W.H. Chang  
Phone: (02)735-5660

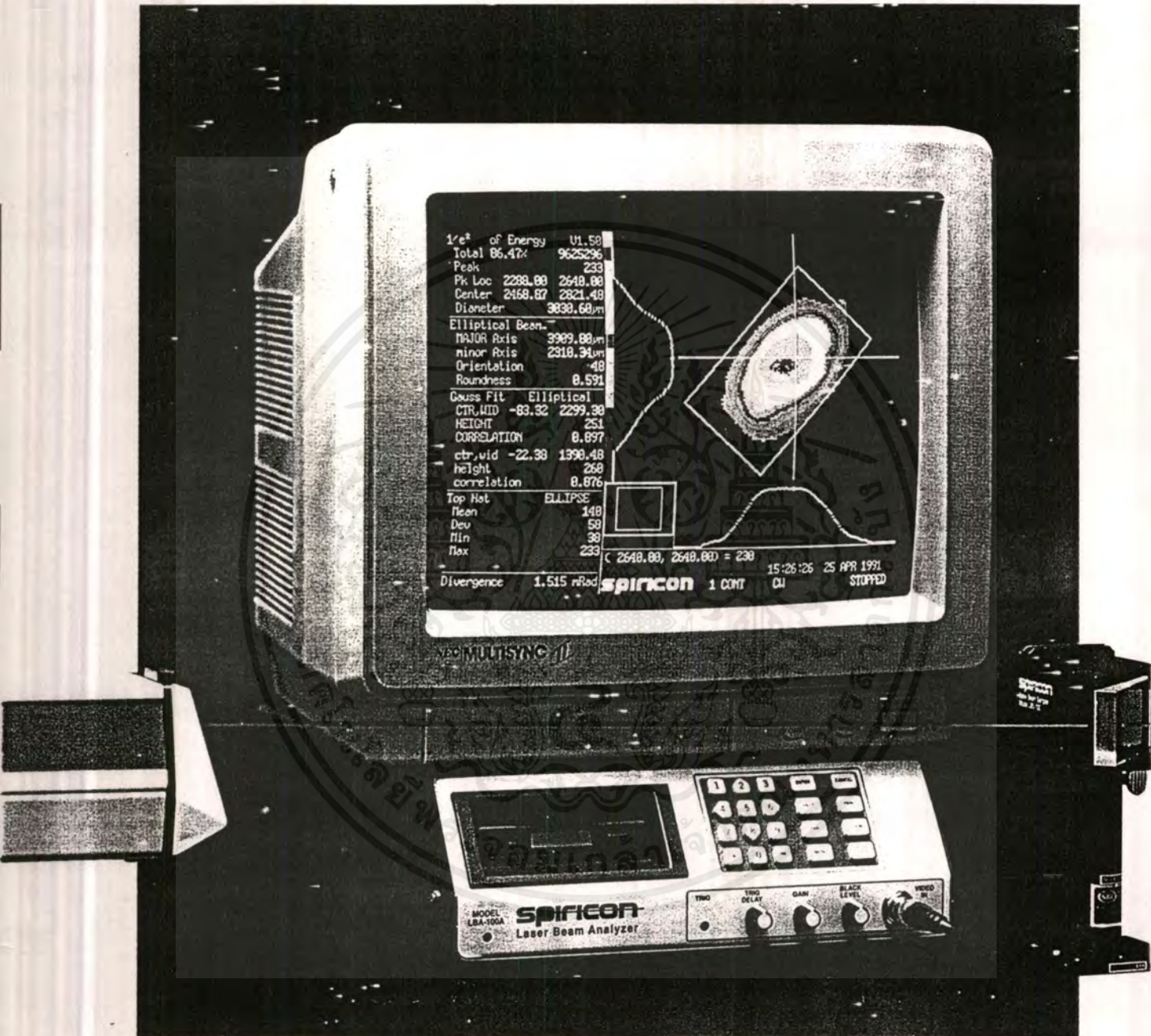
**SPRICON**  
Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc. • 2600 North Main • Logan, Utah 84321 • (801) 753-3729 • FAX (801) 753-5231 • Telex 296465 SPIR UR  
©Copywrite October 1991. Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 10/91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Advanced Laser Beam Analyzer

Model LBA-100A



*Captures, displays and analyzes laser beam profiles in real time.*

*The LBA-100A is the revolutionary LBA-100 with many new dynamic features.*

Technical Data. May 1991

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*"GENIUS . . . is the capacity to see ten things where the ordinary man sees one, . . . plus the ability to register that multiple perception in the material of his art."*

*Thomas Jefferson*

*In today's laser technology, the essence of GENIUS is the ability to see, in real time, relevant laser beam characteristics, and then to create enhanced performance using this perception. The new LBA-100A is the tool that provides this greater vision.*

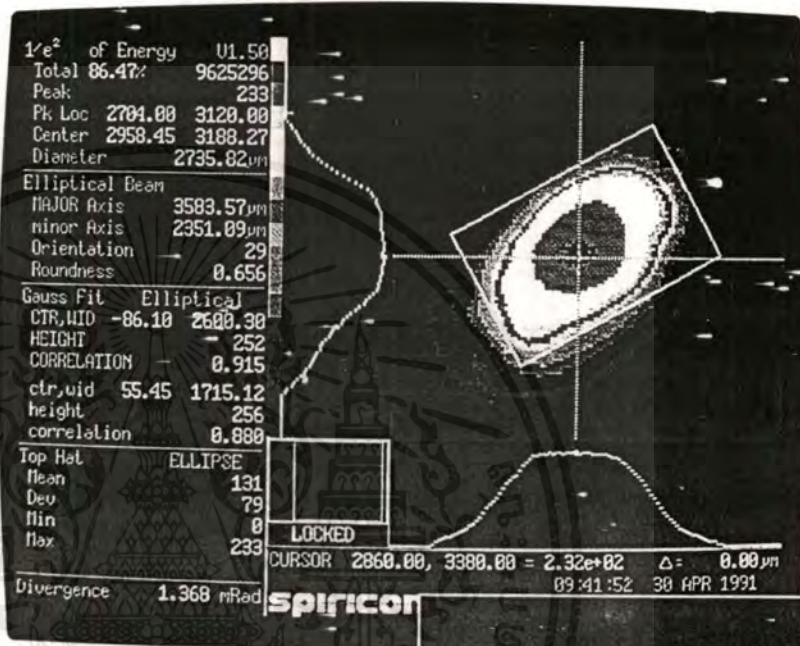
The LBA-100A is the second generation of portable, cost-effective instrumentation that captures, displays and analyzes laser beam profiles. It evolved from the revolutionary LBA-100, the instrument that finally made it practical for scientists, engineers and technicians to electronically measure beam profiles in laboratories, classrooms, production floors and QA departments around the world.

Archaic techniques that use laser burn spots on thermal paper and film no longer provide the depth of information necessary to certify laser quality, performance, reliability, and cost effectiveness. Instead, the LBA-100A is the cost effective method to quickly generate and document the precision data that enables intelligent solutions to laser beam performance optimization.

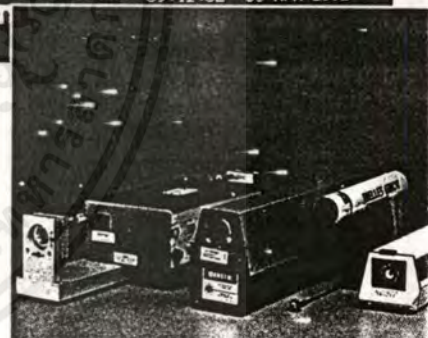
Documenting your progress couldn't be easier than with the LBA-100A. Choose from dot matrix or ink jet hard copy printers, computer hard disk storage via GPIB, RS-232C, or modem — and now 3.5" diskette at 720 kByte, 1.44 MByte, or optional 2.88 MByte. Using these mediums you can store, reclaim, transport, or communicate your results to others.

Ask for a demonstration of the LBA-100A on your laser. It is the most comprehensive, the most convenient, the most versatile, and the most accurate instrumentation or method available anywhere for enhancing the performance of your laser.

Backed by Spiricon's exclusive 5-year warranty.



With the LBA-100A visual screens and numerical results, the challenge of laser beam enhancement becomes routine. What you see in real-time you can enhance in real-time; what you measure with precision, you can tune precisely.



Whether your laser is CW or pulsed, the Laser Beam Analyzer provides the most universal interface possible. Specifically designed trigger input/output circuits provide the most reliable and consistent laser pulse capture in the industry.

# Straightforward Operation

## The Advanced Laser Beam Analyzer

Model LBA-100A

### Features

#### Beam Profile and Other Displays

- False color contour plot, 16 colors
- X and Y cross-sectional profiles
- Zooms of 1X, 2X, 4X (increasing definition to 9 $\mu$ m resolution)
- Pans to any detector location
- Overlay grid for coarse dimensions
- Cursor for precision measurements
- High resolution mode, up to:
  - 464 X 360 pixel display
  - 512 X 480 data capture
- Pointing stability histogram
- Aperture overlay
- EGA monitor compatible

#### Numerical Calculations

- Beam energy
- Beam location
- Beam dimensions
- Elliptical dimensions
- Off-axis orientations
- Gaussian fits for:
  - Whole beam
  - Off-axis and elliptical
  - With or without an aperture
- Top Hat measurement
  - Whole beam data points
  - Separate X and Y, off-axis capability
- Divergence measurement
  - Near field, far field, or separate X and Y
- Aperture (power-in-the-bucket) calculations
- Pointing stability statistics

#### Pass/Fail Indicators

- Most numerical calculations
- User-selectable ranges

#### Real-time Operation

- High speed GPIB data transfer
- Collects camera frame rate data
- Displays update up to 15 Hz
- Calculates numerical results at 1 Hz and greater

#### Real-time Processing Options

- Background subtraction
- Averages multiple frames, to 256 frames
- 2MByte RAM standard, 3 or 4MByte RAM optional
- Collects blocks of data, at camera frame rates, up to 191 frames
- Genlock or sync-master to cameras
- CW operation
- Internal and external pulse synchronization

#### Versatile Operation

- 3.5" DOS compatible disk drive
  - 720 kByte/1.44 MByte standard,
  - 2.88 MByte optional
- Remote control via modem
- Pull-down menus
- Four saveable setup configurations
- Help screens
- Compact and portable
- No host computer required
- Interfaceable to GPIB (IEEE-488) and RS-232C host computers
- Interface software
- Wide camera selection
  - CCD, PbO-PbS vidicons,
  - pyroelectric vidicons

#### Accessible Interface

- Easy-to-use keypad
- Video gain control
- Background null control
- Trigger delay
- Printer output port

#### Accessory Optical Attenuator For Cameras

#### OEM Capability

#### Five-year Warranty



▲ 3.5" Disk I  
You now have a medium for storing image data. With disk drive, you the optional 2.88 compare with ers or collection disk storage. of a hard disk



▲ Aperture Calculation and I  
You can perform power-in-the-bu calculations within a user-defined ap selectable in size, shape and posi can rotate the elliptical and recta shapes to any angle. Numerical r Gaussian fit use all data captured calculate the correlation coefficient within the aperture.



**SPINCEON**  
Laser Beam Analyzer

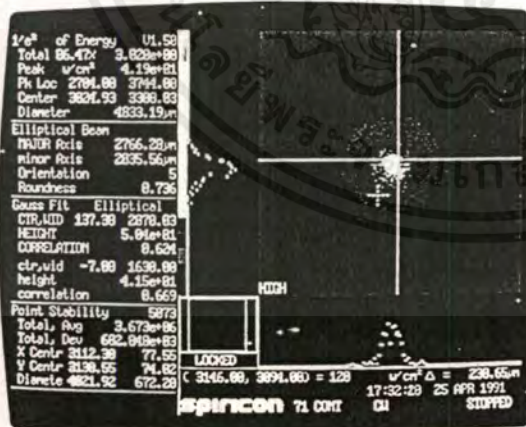
...le the most reliable and convenient  
...d transporting your beam profile  
...standard 720kByte/1.44MByte 3.5"  
...re up to 100 images (200 images with  
...e disk). Use them to review and  
...ser data, communicate with custom-  
...nsport data to your office PC hard  
...no worries about the vulnerability  
...portable instrument.

▲ Keypad

The Laser Beam Analyzer is so easy to use, you may never read the manual. Concise function keys and multipurpose numeric keys simplify operation. The front panel elastomer keypad does not suffer vulnerability to dirt or moisture nor potential loss and breakage.

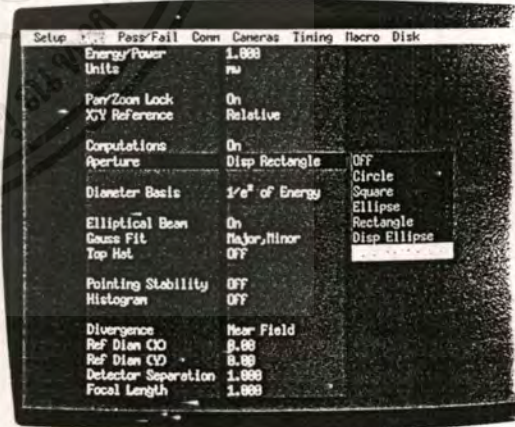
▲ Accessible Controls

The convenience of fine resolution controls for gain, background null and trigger delay, accessible from the front panel, are critical in achieving optimum level digitizing of signals for accurate quantitative measurements.



▲ Pointing Stability Histogram Display

The spatial stability characteristics of a laser beam centroid are dramatically presented with the LBA-100A histogram display. A color intensity plot shows the accumulated 2D movement of your beam centroid over time. Three levels of zoom allow you to focus on sub-pixel resolution, and X,Y cursors enable spatial measurements on plotted data.

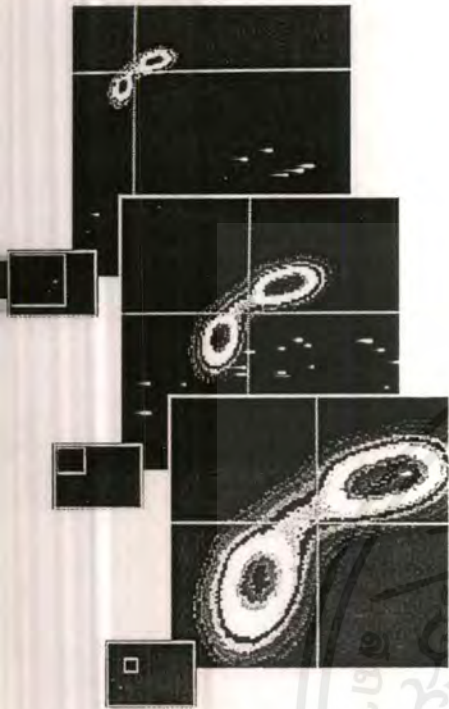


▲ Pull-Down Menus

Pull-down menus allow immediate selection of key operating parameters. A system of individual menus that focus on one operational characteristic at a time facilitates learning and use. Selectable options for each item are simultaneously displayed to enable quick choices. Menu headings always remain on the screen so you are never lost in submenus.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

You'll find that the multiplicity of real-time beam profile display options and visual measurement methods are among the most useful features of the Laser Beam Analyzer.



### Color Contour

The intensity pattern of the whole beam is displayed instantly in a 16-color contour plot. A seventeenth color for overrange warns of electronic saturation. In quick visual-only mode, the displays are updated at a flicker free 15 frames per second. Colors are arranged for intuitive visualization of intensity.

### Zoom and Pan

To localize on a particular area of interest for greater detail, use the ZOOM and PAN features of the Laser Beam Analyzer. ZOOM gives up to three magnification options of 1X, 2X, and 4X. Instead of enlarging the image with no increase in detail, the LBA-100A gives successively finer resolution at each higher zoom. Full 120 X 120 interlaced field performance with single pixel resolution is achieved at 4X ZOOM. At all magnifications, you can PAN the display to any detector location. Displays and numerical calculations reflect the currently displayed data. A ZOOM and PAN window on the screen shows the current size and location of the display relative to the detector area.



### High Resolution Mode

In high resolution mode the entire monitor screen is converted into a beam profile image display. See up to 464 X 360 pixels of resolution, with each pixel representing definition as small as 9µm.

The image data captured in the frame grabber is as high as 512 X 480 pixels. It can be saved to diskette or downloaded to a host computer over the GPIB or RS-232C ports. Perform additional processing with LBA-3D or other user programs.

Only Spiricon's Laser Beam Analyzer takes advantage of the camera's full resolving capability.



### Hard Copy

Press the print key for a printout on a variety of printers. You obtain inexpensive, report-quality documentation of your laser test results: graphical data, numerical data, or both.

### X/Y Cross-Sectional Profiles

An X,Y cursor, superimposed on the color contour plot, defines the location of an X and a Y cross-section profile through the beam. The profiles change in real time as the cursors are repositioned with the arrow keys. The X,Y plots assist in visualization of the color contour data. Also displayed is a superimposed reference beam or a best-fit Gaussian plot.



### Dimensional Measurements

The Laser Beam Analyzer provides spatial measurements in the laser beam via an overlay grid, which can be user-scaled. Precision point-to-point measurements are obtained via a moveable cursor and a selectable reference point on the screen. A numerical readout gives the distance between the two. For clarity of visual interpretation, the Laser Beam Analyzer always displays spatial images in a 1 to 1 aspect ratio.

Because you obtain instant laser beam performance data, you can focus your attention on answers. Besides the standard beam dimension and divergence calculations you're accustomed to, you now have off-axis elliptical measurements, off-axis Gaussian fits, rectangular Top Hat measurements, separate X,Y divergence, and pointing stability calculations. And you have Pass/Fail screening.

$1/e^2$ of Energy	- U1.50
Total	86.47% 3.020e+00
Peak $m^2/cm^2$	4.19e+01
Pk Loc	2704.00 3744.00
Center	3024.93 3308.03
Diameter	4833.19 $\mu$ m

Gauss Fit	Elliptical
CTR,WID	137.38 2070.03
HEIGHT	5.04e+01
CORRELATION	0.624
ctr,wid	-7.08 1630.00
height	4.15e+01
correlation	0.669

FWHM of Peak	
Tot Energy	100.000+00 $\mu$ J
Peak Energy	92.524+00 $\mu$ J
Peak Loc	820, 960
Centroid	1190, 1249
Diameter	1185 $\mu$ m
Elliptical Beam	
Major Axis-Y	1726 $\mu$ m
Minor Axis-X	839 $\mu$ m
Orientation	-38
Roundness (X/Y)	.486
Gauss Fit Major, Minor	
ctr,width	67, 1334
Height	89.330+00 $\mu$ J
Correlation	.746
ctr,width	244, 933
Height	96.527+00 $\mu$ J
Correlation	.927
Top Hat RECTANGLE	
Mean	59.042+00 $\mu$ J
Std Dev	31.837+00 $\mu$ J
Min	0.000+00 $\mu$ J
Max	92.524+00 $\mu$ J

### ▲ Beam Dimensions

Everything you want to know about your beam energy, position, or size is displayed neatly and conveniently. Total and peak energy can be relative numbers or calibrated to a known reference. Locations of peak and centroid are calibrated to the camera pixel spacing or user-altered for lens magnification. Centroid and diameter are based on user-selection of FWHM,  $1/e^2$ , % of peak, or % of total energy. You also have % of energy inside an aperture.

### ▲ Gaussian Fit

You can use the Gaussian fit routine for non-symmetrical beams whose profile is oriented at an angle on the detector. Alternatively, you can choose a whole beam fit and perform the best fit on all data points in the whole beam, an option only Spiricon provides. The Gaussian fit is fast; results are provided up to two times per second.

### ▲ Pass/Fail

An innovation of importance to production QA and service are the Pass/Fail limits and indicators of the Laser Beam Analyzer. Many of the numerical calculations described can have maximum/minimum limits set in a special Pass/Fail menu. The EGA color monitor then displays passed parameters in green and failed parameters in red on each frame analyzed. You select whether to continue operation on failed parameters while tuning the laser or to stop and hold the failed file for documentation or analysis.

Elliptical Beam	
MAJOR Axis	2766.28 $\mu$ m
minor Axis	2035.56 $\mu$ m
Orientation	5
Roundness	0.736

Top Hat	RECTANGLE
Mean $m^2/cm^2$	1.12e+01
Dev $m^2/cm^2$	2.44e+00
Min $m^2/cm^2$	2.15e+00
Max $m^2/cm^2$	1.57e+01

Point Stability	5073
Total, Avg	3.673e+06
Total, Dev	682.848e+03
X Centr	3112.30 77.55
Y Centr	3130.55 74.02
Diameter	4821.92 672.28

### ▲ Off-Axis Elliptical

The Laser Beam Analyzer even relates to non-circular beams, giving major and minor axis diameters, angle of orientation, and coefficient of roundness. When elliptical is selected, the Gaussian fit is performed on both axes independently, and the Top Hat measurement adjusts to the orientation and shape of the beam.

### ▲ Top Hat Data

With a Top Hat measurement, the Laser Beam Analyzer provides options for the many varieties of flat top beams: circular, elliptical, square, and even rectangular beams. The measurement provides mean energy, maximum and minimum energy, and standard deviation of energy within the dimension as defined in the diameter or elliptical calculation. Two separate orthogonal line Top Hat calculations can be chosen for beams with different uniformity in each axis at any angle of rotation.

### ▲ Pointing stability calculation

The primary laser beam parameters of concern in stability measurements are statistically analyzed in the pointing stability calculations. These are centroid location, beam diameter and total energy. The mean and standard deviation of each is presented. User selected time interval varies from 1 second to 41 days.

The Laser Beam Analyzer interfaces quickly and easily to your laser, to many cameras, to most computers, and to the user through straightforward pull-down menus.

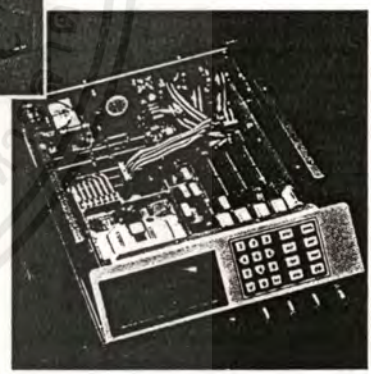
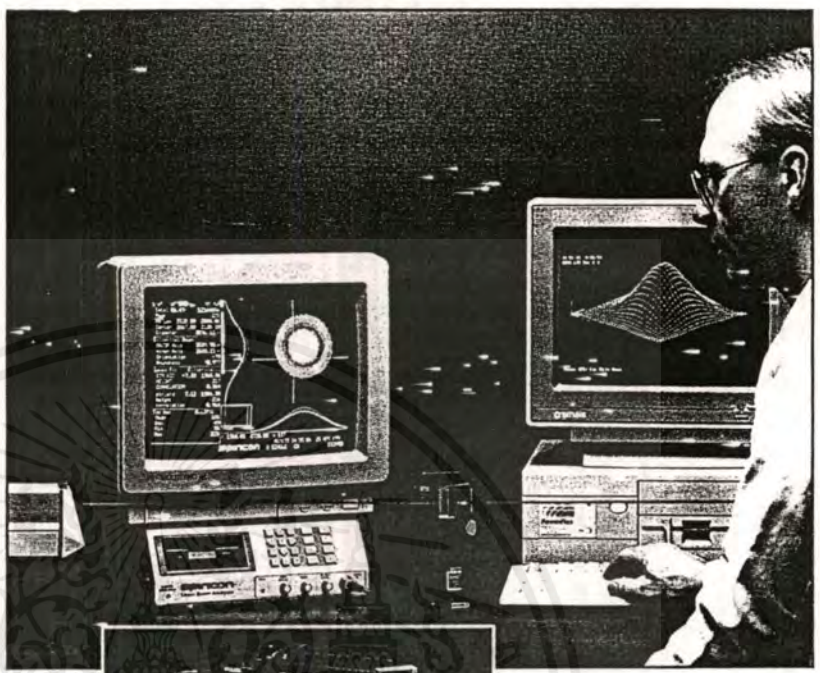
**Self-Contained Instrument** ▶

The Laser Beam Analyzer is a totally self-contained processing instrument. It requires no external host computer for operation or control. Nevertheless, it can be interfaced for remote control data acquisition or transfer of data for additional signal processing or storage. The Laser Beam Analyzer has an RS-232C serial port, a high-speed IEEE-488 (GPIB) parallel port, and a modem interface.

▼ **Real-Time Signal Processing**

Advanced signal processing of the Laser Beam Analyzer improves signal-to-noise ratio through background subtraction or signal averaging for up to 16 times cleaner signal. You can choose burst data collection of up to 191 consecutive frames.

Comp	Pass/Fail	Conn	Cameras	Timing	Macro	Disk
Origin Location	OFF					
Secondary Display	Gauss at Cursor					
Grid	OFF					
High Resolution	OFF					
Trigger Mode	INT Out Runs Always					
Trigger Polarity	Positive					
Capture Method	Block					
Trigger Interval	1					
Sample Interval	1					
Block Size	63			1 to 191		
Shutter Speed	8 = OFF					
Frame Averaging	OFF					
Number of Frames	4					
Reference Subtract	OFF					
Save to Reference						
Save setup	1					
Restore Setup	1					



▲ **Camera Varieties**

The instrument interfaces with a variety of cameras. Nearly all RS-170 and CCIR cameras are compatible. The Camera Setup Menu enables automatic interface to cameras that Spiricon has qualified, as well as enabling individual parameter adjustments to most other cameras. You can use silicon from .19 to 1.3µm, PbS to 1.8 or 2.2µm, pyroelectric vidicon to 14µm, etc. to cover the wavelength of your application. A new genlock circuit in the LBA-100A enables interface to cameras not previously compatible.

▲ **Expanded Video Memory**

The new LBA-100A incorporates a full 2MByte RAM buffer that allows you to store up to 63 consecutive beam image frames. Or you can choose an optional 3 or 4 MByte, which gives you 127 or 191 frame storage respectively. You can then download these frames to a host computer via GPIB or RS-232C ports, or store them on your 3-1/2" diskettes before accumulating another set of data.

## Beam Profile and Other Displays

The Laser Beam Analyzer provides a two-dimensional, real-time beam intensity profile in 16 colors plus one over-range saturation color.

Normally the display is 120 X 120 pixels. This yields a wide-area 480 X 480 overall sensor coverage at 1X ZOOM by displaying 1 of 4 pixels in each axis. At 4X ZOOM, the display is still 120 X 120 pixels, giving high resolution, every pixel display. Display update rate is as fast as 15 Hz, depending on camera type.

### High Resolution Mode.

In high resolution mode the entire monitor screen is converted into a beam profile display. This provides 464 X 360 display of every pixel in the center of the sensor array. In this mode, the frame grabber captures a full 512 X 480 pixels, which can be disk stored or downloaded to a computer. Display update rate is as fast as 12.5 Hz, depending on camera type.

### Digitizing spatial accuracy.

Spiricon's LBA-100A frame grabber has the capacity to digitize both interlaced fields of RS-170 and CCIR cameras. This gives twice the spatial resolution of frame grabbers that digitize only one field. With current CCD cameras, the LBA-100A provides resolution down to approximately 9µm X 9µm.

The LBA-100A is configured to digitize camera data in a square format with the pixel size driven by the vertical camera pixel pitch. The square format enables precise numerical computations and beam displays without distortion.

### X and Y cross-sectional profiles.

The X and Y axes are displayed as cross-sectional slices through the beam. The slice location is manually set by cursor positioning. Two secondary cross-sectional profiles can be stored as fixed references and displayed overlapping the real-time display. The secondary display can be either real data of a reference frame or a cross-section of the Gaussian fit at the point chosen.

### ZOOM, 1X, 2X, 4X.

The Laser Beam Analyzer display provides 1X, 2X, and 4X zoom to optimize beam profile display. 1X Large Area Display—480 X 480 overall sensor coverage by sampling 1 of 4 pixels in 1 of 4 lines. 2X Medium Resolution—240 X 240 overall sensor coverage by sampling 1 of 2 pixels in 1 of 2 lines. 4X High Resolution—120 X 120 sensor coverage by sampling every pixel in every line. Only Spiricon's Laser Beam Analyzer achieves this full pixel resolution.

Spiricon features interline transfer cameras that provide both fields on a single laser pulse for full, high resolution sampling and display. Line transfer, frame transfer, and vidicon cameras can achieve high resolution on CW radiation but only 1/2 resolution on pulse radiation.

### Pan to any location.

The display window can PAN around the detector area to details located anywhere on the detector surface. PAN is available with any of the three ZOOM magnifications. Numerical calculations are based upon the signal within the ZOOM and PAN window or within a user defined aperture. The X,Y slice beam profile is also coordinated with the ZOOM and PAN window. Both PAN and ZOOM function only on new data generated when the camera is running.

A small graphic representation of the detector field gives instant visual indication of the ZOOM magnification and the PAN location.

### Overlay grid for coarse dimensions.

You can superimpose an overlay grid onto the images for quick dimensional approximations. The grid is automatically scaled to camera pixel pitch spacing or manually calibrated by the user.

### Dimensional cursor measurement.

You can make X and Y dimensional readouts of any point on the screen with a set of moveable cursors. The measurement origin can be set manually or set automatically to follow the energy peak or centroid.

### Beam diameter overlay.

You can superimpose a beam diameter overlay upon the laser beam image. This graphically displays the circle, square, ellipse or rectangle computed under Numerical Calculations.

### Pointing stability histogram.

A visual display of the position of the beam centroid can replace the beam profile display. The accumulated movement of the centroid is plotted in X,Y and false color to indicate frequency at each location. A ZOOM enables magnification to sub-pixel display resolution. X,Y cursor enable dimensional measurements on displayed data.

### Printer output port.

The Laser Beam Analyzer provides both serial and a parallel printer port. The parallel port is fixed for printer output only. Printer type is selectable. Supported printers are:

Black and White	Epson or compatible dot matrix.
	HP Ink Jet.
Color	Epson JX or LQ.
	HP Paint Jet.

The user can choose to print graphical data, numerical data, or both. A summary of the current setup configuration can also be printed.

### Monitor.

The Laser Beam Analyzer drives an EGA compatible monitor.

## Numerical Calculations

The Laser Beam Analyzer provides numerous quantitative calculations on laser beam parameters. Calculated result will be updated as quickly as prevailing conditions will permit. This rate is approximately one per second but can be much faster if not all calculations are performed. Individual data calculations can be enabled or disabled at the Computations Menu.

### Beam energy.

A readout is provided of the total beam energy falling on the camera within the displayed window and the peak energy fluence level. If known, the calibrated beam energy values can be entered. This value is used to scale all energy calculations and readouts. If the energy is not known, then all energy values are displayed in dimensionless raw data unit.

### Beam location.

A readout is provided for both the location of the peak pixel and the location of the energy centroid. The readout is provided in X, Y coordinates. Dimensions are in user-selected scale units, usually relating

to the camera pixel spacing.

## Beam dimensions.

An energy diameter of the beam is calculated using one of four selections. Selecting FWHM (Full-Width-Half-Max) sets the basis to 50% of peak. The  $1/e^2$  entry sets the basis to 86.47% of total energy. Selecting % OF PEAK or % OF ENERGY permits the user to enter a % value as required. (All other diameter-dependent calculations are performed based upon the value entered here, i.e. Elliptical and Top Hat.)

## Elliptical dimensions.

Elliptical beam analysis provides the length of both the major and minor axes. Diameters are calculated on the basis selected in beam dimensions above. The orientation of the major axis (+/-90 degrees) is given, as well as the coefficient of roundness (Minor axis is divided by Major axis).

## Whole beam Gaussian fit.

The whole beam Gaussian fit uses all data in the beam rather than single lines through the X and Y axes. Fit characteristics given by the calculation are:

- Gaussian center location (X,Y).
- X and Y axes Gaussian widths are  $1/e^2$  radius.
- Intensity of energy at Gaussian center.
- Coefficient of fit.

The Aperture Mode calculations for Gaussian fit use all the data, but the instrument performs the coefficient of fit only within the aperture.

## Elliptical beam Gaussian fit.

The elliptical beam fit performs two separate single line fits, one each on both the Major and Minor axes at the orientation determined in Elliptical dimensions. Both axes results will be displayed and each will show the following:

- Distance between Gaussian center and Centroid.
- Gaussian width at  $1/e^2$  radius.
- Intensity of energy at Gaussian center.
- Coefficient of fit.

## Top Hat measurements.

The following Top Hat calculations are based upon the diameter computed in the beam dimensions:

- Mean energy value.
- Standard deviation of energy.
- Minimum and maximum energy values.

The operator can select circular, square, elliptical, or rectangular beams. For

elliptical or rectangular, the calculations are based upon the major and minor diameters and orientation determined in Elliptical dimensions. Alternatively, separate Top Hat fit calculations can be performed along 2 orthogonal lines at any angle of rotation.

## Divergence measurement.

Beam divergence calculations are available using two different methods. A near field measurement requires a near and far diameter with a separation distance. A far field measurement requires only a single focus spot diameter and the focal length of the optic being used. Either of these methods can operate on the whole beam diameter values or can use separate X,Y diameters to observe asymmetrical divergence rates.

## Aperture calculation and display.

Aperture, or power-in-the-bucket, calculations are performed inside a user-defined region which is overlaid on the beam profile image. The aperture size and shape can be user-defined circles, squares, ellipses or rectangles or can be a displayed overlay generated by beam diameter calculations. When Aperture is selected, the following computations are performed only on data within the aperture: total energy, peak energy, peak location, centroid location, diameter, elliptical, Top Hat, pointing stability, histogram, divergence, and Gaussian.

## Pointing stability calculation.

The primary laser beam parameters of concern in stability measurements are statistically analyzed in the pointing stability calculations. These are centroid location, beam diameter and total energy. The mean and standard deviation of each is presented. Results can be accumulated continuously or for a user entered time interval. The time interval has a range of 1 second to 40 days.

A centroid histogram can be plotted as described in the Beam Profile Display section.

## Measurement scale factor.

Normally the scale factor is set to default values which match the camera selected. The default values are always for a camera without a lens. The setting is an amount equal to the pixel pitch of the detectors (usually expressed in micrometers). The scale factor is used for all spatial measurements and calculations. When using a camera with a lens, the user is able to perform a spatial calibration and

enter these values manually.

## 8-bit resolution.

The Laser Beam Analyzer uses an 8-bit digitizer for data acquisition, which provides a dynamic range of up to 256.

## Pass/Fail Indicators

Pass/Fail indicators can be assigned to many of the values shown in numerical calculations. Normal results are displayed in an amber color. If a particular parameter is part of a Pass/Fail screening process, then its color is green when within limits and red when it falls outside.

A special Pass/Fail menu sets limits and enables the selected parameters. Any individual parameters can be chosen for Pass/Fail testing, or all Pass/Fail operations can be enabled or disabled as a group. The following parameters can be made part of the Pass/Fail screen:

- Total Energy, Min/Max
- Beam Diameter, Min/Max
- Centroid location, X, Y, Radius Max
- Top Hat Energy, Min/Max
- Top Hat Energy Mean, Min/Max
- Top Hat Standard Deviation, Max
- Gaussian Fit Coefficient, Min

A failed test alarm can be triggered to an external source via GPIB, RS-232C or modem.

## Signal Processing

### Reference frame subtraction.

Reference frame subtraction can be employed to improve signal-to-noise ratio by subtracting camera fixed pattern noise and/or a fixed reference background. When subtraction is enabled, the stored reference frame is subtracted from each displayed frame.

### Multiple frame averaging.

Frame averaging can be switched on whenever desired and will operate in conjunction with any of the operating camera modes. Frame averaging is a useful method for improving the signal-to-noise ratio of the display and calculations. The operator can specify the number of frames to be averaged, up to 256, for a signal-to-noise improvement of up to 16X.

### Burst data collection.

In burst mode, data can be acquired using all of the operating camera modes. The data is captured and stored as a sequence of up to 63 frames standard or 127 to 191

frames with optional 3 or 4MByte RAM. In high resolution mode the number of frames stored is 4 standard, or 8 to 12 with optional memory, for a 512X480 image. For a 256X240, image 16-frame storage is standard, or 32 to 48 with optional memory. In this mode, frames can be captured up to the maximum frame rate of the camera and played back one at a time for more detailed analysis. The captured frames can also be downloaded to a host computer via GPIB, RS-232C, modem, or on 3.5" diskettes.

## Camera Operating Modes

### CW operation.

In continuous (CW) mode the camera is free running and processing video to the real-time display at the fastest rate of the system. The update rate is a function of background processing overhead. Maximum display frame rate in this mode is approximately 15fps, achieved when all calculations are turned off. **This mode, in combination with a camera equipped with an electronic shutter, can also split out single pulses from a laser operating at rates close to the programmed shutter speed of the camera.**

### Camera integration mode.

Camera integration is available with cameras that have the capability of inhibiting the destructive readout of the detector. Camera integration operates the same as CW, except that the user can set the number of frame periods over which the camera will integrate light.

### External pulse synchronization.

Two modes, external free and external auto permit an external trigger to synchronize a pulsed laser with the Laser Beam Analyzer. The external free mode works with almost any type camera and can acquire pulsed laser images at rates up to the normal frame rate of the camera. **Depending on camera type, this method acquires laser shots at greater than 95% of the time.**

**The external auto mode is provided to guarantee a 100% acquisition reliability from a pulsed laser.** Cameras equipped with external frame integration capability are used. The user follows certain timing rules which dictate the relationship between the external trigger pulse and the actual time when the laser can fire. Maximum acquisition rates are 1/2 the camera normal frame rate.

Either of these external trigger modes provide the highest reliability data capture from asynchronous pulsed lasers of any instrumentation available.

### Internal pulse synchronization.

With internal trigger mode, an internally generated pulse will be output to fire the laser. The repetition rate of the trigger pulse is programmable as fractions of the camera frame scanning rate, up to the maximum frame rate of the camera. Or the instrument can be set for one-shot operation with the trigger controlled by the Run/Stop key.

### Camera genlock.

The Laser Beam Analyzer can operate in either of two sync modes. Usually the instrument will Genlock to the incoming video source. Should your camera require external sync or use a non-standard sync format, the Laser Beam Analyzer has an internally programmable sync generator which can be configured to match many styles of cameras. A separate external sync output is provided so that multiple camera systems can be synchronized. A separate external sync input is provided so that multiple Laser Beam Analyzers can be synchronized for simultaneous operation.

### Camera selection.

Most applications can use an industry standard RS-170 or CCIR monochrome camera. The Laser Beam Analyzer can also interface with many non-RS-170 cameras, such as the CIDTEC CID2250. Besides the many popular CCD and CID cameras, the instrument also supports vidicon tubes for special applications. Examples are PbS cameras for laser diodes to 2um and pyroelectric vidicons for far-infrared. Some of the pulse timing synchronization may not be available for use with tube cameras. (For special camera applications, consult Spiricon).

One camera at a time is supported. However, using an external video switch, it is possible to interface multiple cameras to a single LBA-100A. In general, cameras must have the following characteristics:

- Manual gain adjustment (defeatable AGC).
- Fixed Black Reference.
- Gamma setable to 1, except for tube cameras.

### Camera Selection Guide.

Spiricon provides a comprehensive Camera Selection Guide with the parameters of

many cameras that have been qualified for use with the LBA-100A. Consult this guide for the camera that best suits your needs. The guide is constantly updated, so consult Spiricon if your application is not addressed.

## Menus

### Pulldown menus.

Changes to the operation configuration are made through 8 pull-down menus. Arrow keys select which menu and which item within a menu is to be accessed. When a menu is selected, each item within the menu displays its present setting. In addition to its present setting, a selected item displays all possible entries, or range of entries if a numerical value is required. Any menu item whose usage has been preempted will appear dark and cannot be selected. The following menu screens are provided:

#### 1. Setup

Most frequently accessed, this menu is where all primary operating modes are selected. Setup menu parameters are trigger and capture method, acquisition rates, origin operation, secondary display function, camera gain and shutter control, overlay grid, averaging and reference subtraction control, high resolution display, setup save and restore.

#### 2. Computations

The Computation menu controls the quantitative data listed on the left side of the display. Any or all of the calculated results can be turned on or off. The method for diameter and centroid determination, fitter type and style selection, pointing stability, and inputs for divergence calculations are chosen here. The beam energy displays and calculations are calibrated by entering the energy for the currently displayed beam, along with the desired units (joules to pico-joules or watts to picowatts). If the energy is not known, then raw data values are displayed.

#### 3. Pass/Fail

Pass/Fail decision-making functions are enabled/disabled, and the determining parameter values are set in this menu.

#### 4. Communications

The Communications menu allows the control parameters for the Serial, Parallel, and IEEE-488 interface ports to be set. Remote control via a modem are enabled here. The date and time can also be set.

## 5. Camera

The Camera menu permits the operator to select and change camera types. Entries for cameras qualified by Spiricon are listed, and all parameters can be set by selecting the desired camera. Other cameras are accommodated by setting individual parameters accessible on this menu as well as items listed in the Timing menu.

The Camera menu contains an entry for Pixel Scaling and Scale Units. All spatial measurements are calibrated and displayed based on these entries. These values will be defaulted based on the type of camera. However, the user can recalibrate and change them to any desired value for when a lens-equipped camera is used.

## 6. Timing

This menu is used in conjunction with the Camera menu for setup of special cameras.

## 7. Macro setups

This menu is provided for the new operator. It contains a list of the most often used setups. Selecting one of these "canned" configurations will permit the beginning user to get the Laser Beam Analyzer up and running with little or no manual reading. In most cases, only slight adjustments to the chosen setup will be required to match the exact needs.

Once the desired setups are made, the resulting configuration can be saved to one of four retrievable Setup files.

## 8. Disk drive.

The disk drive menu includes these functions: directory, read data, write (or append) data, delete file, format type, and format disk. The 720 kByte and 1.44 MByte disk formats are DOS compatible with PC-style computers.

## Control Functions

### Video gain control.

A manual adjustment is provided to boost the video gain by up to a factor of 5. This enables adjustment of the signal into the optimum digitizer range. The detent position yields a repeatable gain of 1.

### Background null.

If the camera is operating in a high background light environment, advancing this control will lower the video black level to reduce some of the effects of the background illumination. Zeroing the background energy is especially important when performing calibrated energy

and/or beam diameter measurements.

### Trigger delay control.

When Internal Trigger Out modes are selected in combination with line transfer cameras, delaying the trigger output pulse helps achieve stable operation.

### Camera gain control.

Camera gain is available for use with cameras that have remote electronic gain control. The Camera menu lists the available gain settings.

### Shutter control.

Shutter control is available when using cameras with remote electronic shutter control. The Camera menu lists the available shutter speeds.

## General Characteristics

### Portable, stand-alone operation.

The Laser Beam Analyzer is a portable stand-alone instrument. It is self-contained with a 68020 microprocessor for instrument operation and a DSP for fast quantitative analysis. It incorporates 2 MByte of RAM standard with an additional 1 MByte or 2 MByte of video storage RAM optional. Standard video storage is 63 frames. Optional RAM enables up to 127 or 191 frames of video storage. An additional 128 kBytes of battery-backed RAM allow current settings and configuration files to be retained for up to 10 years. In high resolution mode frame storage is 4 of a 512X480 image or 16 of a 256X240 image, with up to 12 and 48 frames respectively with optional memory.

### 3.5" disk drive.

The Laser Beam Analyzer includes a 3.5", DOS compatible disk drive for permanent data storage. Standard drive density is 720 kByte/1.44 MByte with 2.88 MByte optional. Either size drive can be formatted for 720 kByte density. Storage can include beam profile image data, in both normal and high resolution formats.

The LBA-100A disk file formats are compatible with LBA-3D and LBA-Link support software programs, described below.

### Interfaceable to host computer.

The Laser Beam Analyzer is interfaceable to a host computer for remote operation, data collection and storage, and for further signal processing and display. It features RS-232C and IEEE-488 (GPIB) interface.

The GPIB port is supported through commercial hardware and software packages which run on most computers, such as IBM PC/AT/PS2, Apple, Mac SE/NUBUS, DEC PDP-11/VAX, VME bus, Multi bus, S-100STD bus, NEXT, Amiga, etc. LBA-3D and LBA-Link software programs are compatible with National Instruments AT- GPIB interface hardware.

### High-speed GPIB data transfer.

Using a special remote command through a GPIB connected host computer, beam profile data can be transferred at high speed, approximately 10-15 frames per second of 120 X 120 data collection or 1 frame per second in high resolution mode data. The LBA-100A screen is not updated in this mode.

### Modem control.

The Laser Beam Analyzer can be controlled via a Hayes compatible modem. Using the modem connection, a host computer can remotely operate many functions of the LBA-100A including data transfer to the host.

### LBA-Link interface program.

An optional interface program written in C, LBA-Link, supplies commands to link the Laser Beam Analyzer to an IBM PC compatible computer. Source code and documentation are included with LBA-Link to facilitate interface to other computers. LBA-Link allows data collection to the host as well as data return to the LBA-100A for display and numerical analysis. See separate LBA-Link data sheet for more details.

### LBA-3D display software.

An optional display software program, LBA-3D, is available to provide additional display and quantitative functions. It runs on IBM PC compatible computers. Among other features, it provides 3D isometric beam profile displays. See separate LBA-3D data sheet for details of features and performance.

### Laser Beam Sampler, Model LBS-100.

A laser attenuator assembly, model LBS-100 is available for attenuating the laser beam to the operating range of the camera. See separate data sheet for detailed specifications.

### Multiple camera operation.

When recording data from multiple cameras, two or more Laser Beam Analyzers can be master-slaved to achieve

*continued on back*

New LBA-100A features in red. Superior performance characteristics in bold.

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น

11

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

simultaneous capturing of images. Similar cameras must be used to maintain synchronization and spatial precision. Using an external video switch, it is possible to interface multiple cameras to a single LBA-100A.

### Keypad operation.

An uncomplicated 20-button keypad operates the Laser Beam Analyzer. It consists of 10 number keys, 4 of which double as arrow keys, and 1 that doubles as an origin key, plus a decimal key, a backspace key, and 8 function keys.

### Help screens.

Help screens explain menu items. Pressing the HELP key causes the HELP screen pertaining to the selected item to appear on the display. The UP/DOWN arrow keys scroll the help screen. The HELP key is pressed again to exit.

### Time and date.

A clock/calendar displays time of day and date on the data screen. Time and date stamps are part of all printed results and saved disk files.

### Power Requirements.

Line Voltage	100-125 VAC or 200-240 VAC
Line Frequency	50-60 Hz
Power consumption	50 watts (without camera and monitor)

### Environmental

Operating Temp	0 °C to + 50 °C
Storage Temp	-55 °C to + 75 °C
Humidity	95% non- condensing

### Dimensions.

Refer to outline drawings below.

### Weight.

Net: approximately 5.7kg (13 lb)  
Shipping: approximately 7.5kg (17 lb)

### Custom/OEM applications.

Anticipating your needs, Spiricon can customize the Laser Beam Analyzer to your specifications. If you are interested in low cost OEM or higher performance solutions to your testing problems, we have the answer you are looking for. Please contact Spiricon to discuss your requirements.

## Five-year Product Warranty

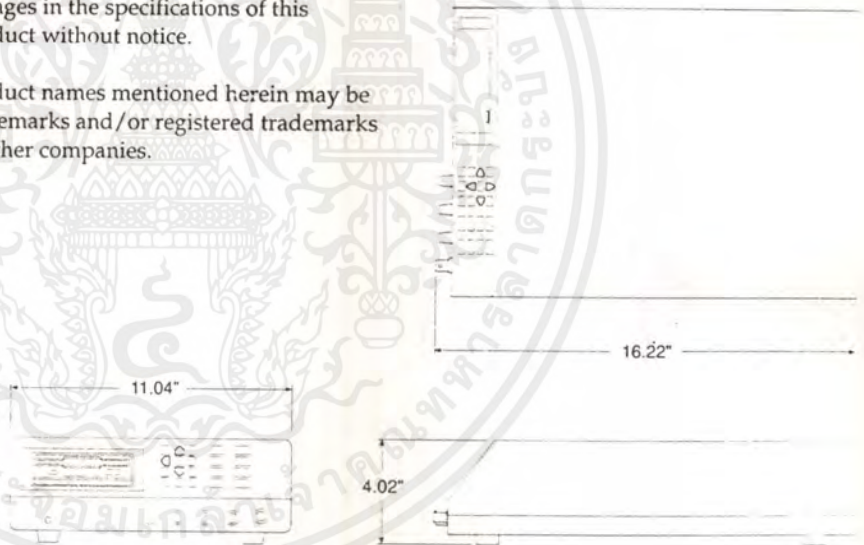
### Product dependability.

Spiricon, Inc. warrants to the original purchaser that Spiricon manufactured products and all components therein contained will be free from defects in material and/or workmanship under normal use and service for FIVE YEARS from the date of shipment.

Cameras, monitors, computers, disk drives, and other purchased assemblies are covered under the original manufacturers' warranties, and all components subject to availability.

Spiricon reserves the right to make changes in the specifications of this product without notice.

Product names mentioned herein may be trademarks and/or registered trademarks of other companies.



# SPIRICON

## Laser Beam Diagnostics

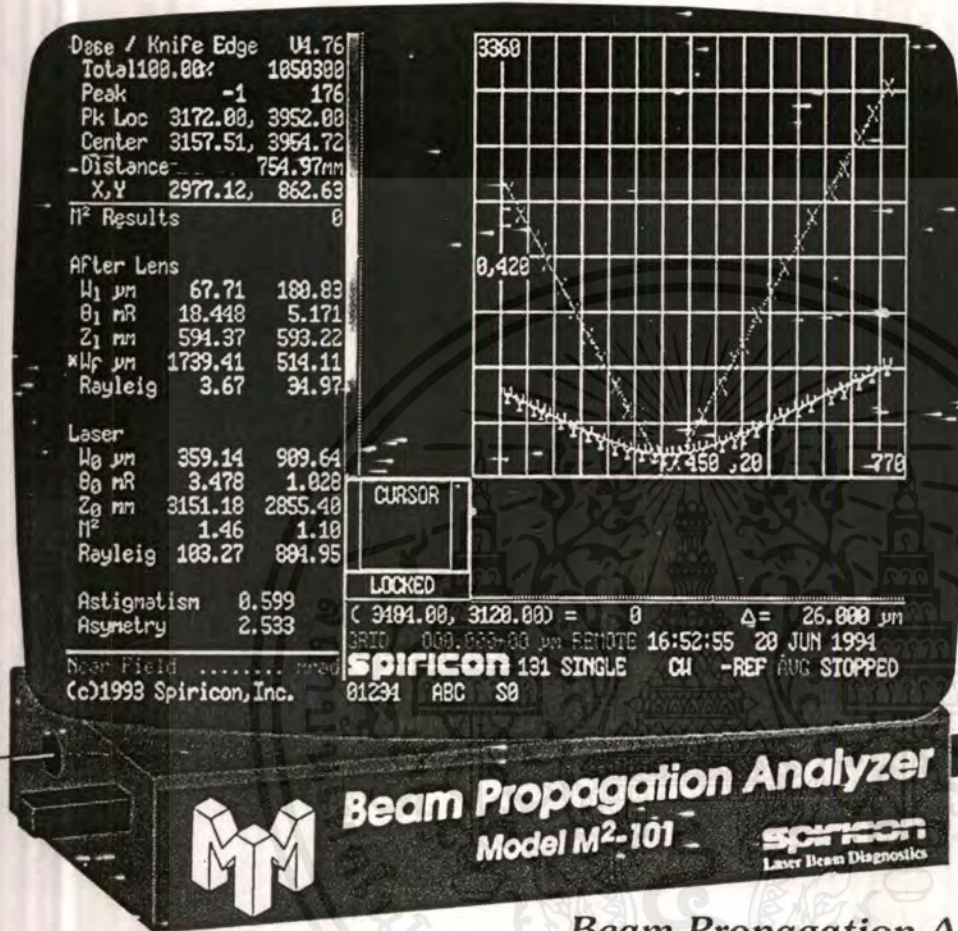
Spiricon, Inc. • 2600 North Main • Logan, Utah 84321 • (801) 753-3729 • FAX (801) 753-5231 • Telex 296465 SPIR UR

© Copyright May 1991, Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 5/91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Beam Propagation Analyzer

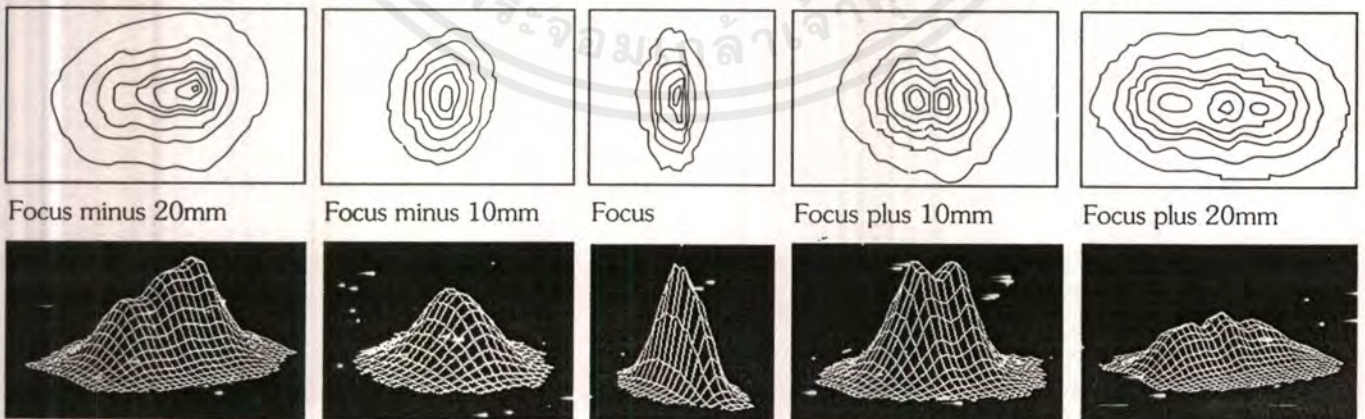
## Measure Your Laser M<sup>2</sup> Automatically! Pulsed & CW Lasers.



Screen printout of Advanced Laser Beam Analyzer, LBA-100A, in M<sup>2</sup> mode. Curves at right side show focusing characteristics of the laser (in this case, a laser diode). Numbers at the left show the measured laser parameters at focus, followed by the calculated parameters of the laser beam under test.

Beam Propagation Analyzer, model M<sup>2</sup>-101, uses a fixed position lens to create an artificial beam waist. Multiple beam width measurements along the beam path, with a CCD camera, completely analyzes the full 2D beam characteristics.

**Beam Propagation Analyzer, Model M<sup>2</sup>-101**  
True ISO Proposed Method Beam Propagation Analyzer.  
At Last, High Precision M<sup>2</sup> Measurements!



Beam profiles of the laser diode through focus. The M<sup>2</sup>-101 and LBA-100A not only give M<sup>2</sup> but also enable complete 2D and 3D beam profile display and analysis through the critical beam waist region, and in the far field.

**SPRICON**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับถือนำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# BEAM PROPAGATION ANALYZER Model M<sup>2</sup>-101

## FEATURES/SPECIFICATIONS TABLE

Wavelength Range	350nm to 1.1µm	Automatic Data Logging	DOS Compatible 3 1/2" Diskette
Beam size range	1.0mm to 10.0mm	Physical Dimensions	27cm W x 14cm H x 72cm L
Numerical outputs	M <sup>2</sup> <sub>x</sub> , M <sup>2</sup> <sub>y</sub> or K <sub>x</sub> , K <sub>y</sub> Diameter at waist, W <sub>x</sub> , W <sub>y</sub> Divergence angle, Θ <sub>x</sub> , Θ <sub>y</sub> Waist location, Z <sub>x</sub> , Z <sub>y</sub> Astigmatism Asymmetry ratio	Weight	16 kg (35 Lbs)
Typical Accuracy	±5%, except ±10% beam waist location	Power	120/240 V. 50/60 Hz 500 Watts max.

## DESCRIPTION OF M<sup>2</sup>-101

Spiricon's new Beam Propagation Analyzer, Model M<sup>2</sup>-101 (patent pending) enables accurate and easy measurements of M<sup>2</sup>. The M<sup>2</sup>-101 is the one instrument commercially available that incorporates the proposed ISO methodology of a fixed position lens and beam width measurements along the beam path. Non-distorting mirrors mounted on a precision translation table reflect the beam into a CCD camera to provide measurements through the beam waist and the far field. All translation functions and measurements are automatically performed by Spiricon's LBA-100A.

The LBA-100A captures and stores the entire 2D beam profile at each measurement position along the beam path. These beam profiles can be reviewed individually to visually follow the beam pattern through the measured path.

Beam width measurements are made using an advanced (patented) autocalibration technique. Thus, the LBA-100A ensures precise beam width measurements that are crucial to accurate M<sup>2</sup> characterization.

## FEATURES OF M<sup>2</sup>-101

- Push button operation.
- Operates with Pulsed and CW lasers.
- Wavelength range, visible through near IR.
- Patented autocalibration in LBA-100A enables precise beam width measurement.
- Multiple beam width samples in both waist and far field generates precise curve for accurate propagation measurements.
- User can review each individual beam profile to verify measurement integrity and see beam profiles at focus.
- Measures M<sup>2</sup>, K, divergence, waist size, and waist location in both X and Y axes.
- Uses Spiricon's Advanced Laser Beam Analyzer Model LBA-100A. Previous versions can be upgraded with M<sup>2</sup>-101 purchase.

## BENEFITS OF M<sup>2</sup>-101

- Accurately measures M<sup>2</sup> and K of your laser.
- Both Pulsed and CW lasers.
- Lasers from 350nm to 1.1µm.
- Fully automatic operation.
- Simultaneous spatial beam profile analyzer.

# SPIRICON

## Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc. • 2609 North Main • Logan, Utah 84341 • (801)753-3729 • FAX (801) 753-5231

© Copyright May, 1995, Spiricon, Inc., Logan, Utah • All Rights Reserved. Printed in the USA 5/95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A Reprint From

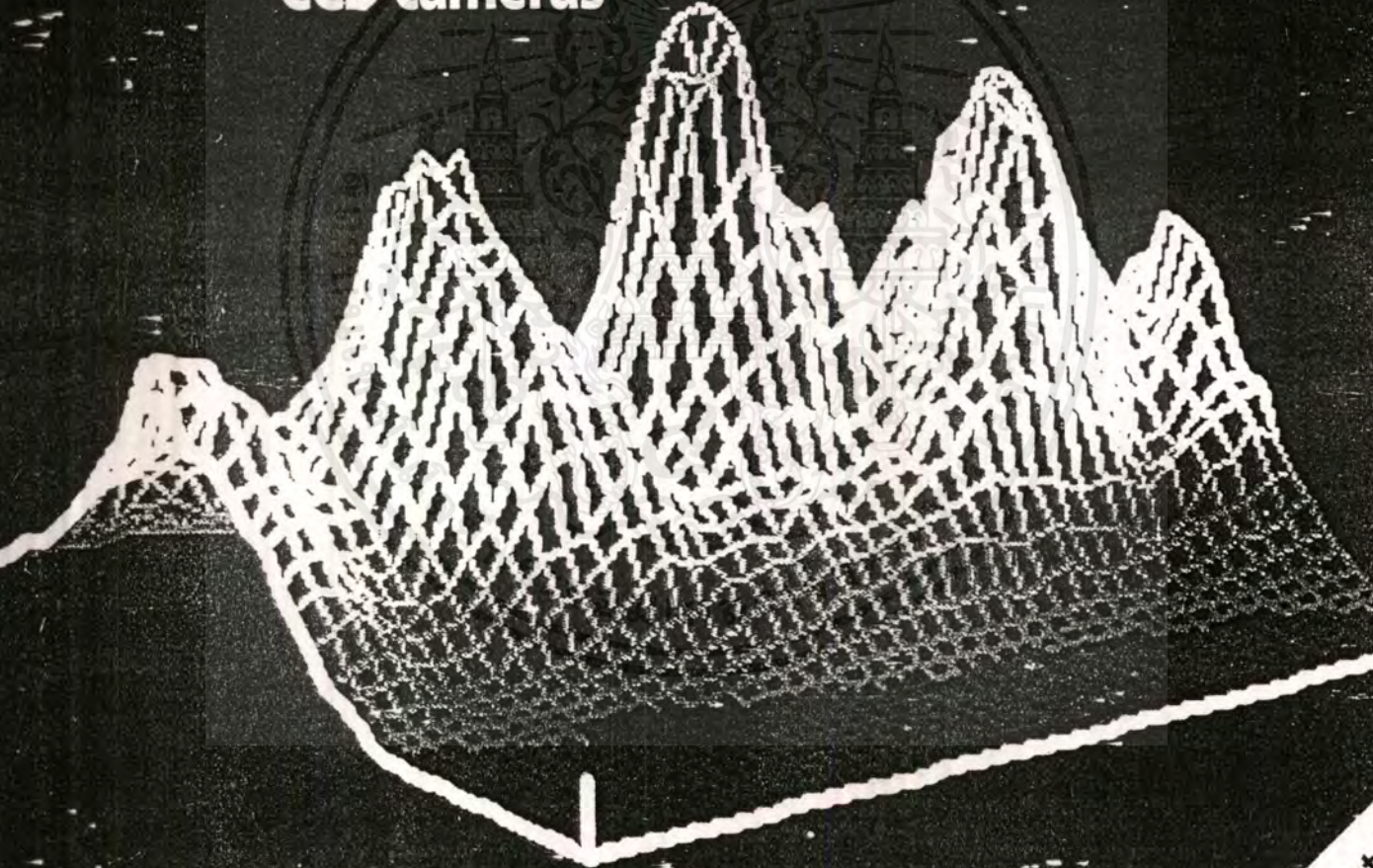
# Laser Focus World

October 1993

GLOBAL ELECTRO-OPTIC TECHNOLOGY AND MARKETS

- Back to Basics:  
Copper-vapor lasers
- Computers boost  
optics manufacturing
- Focus on lasers in  
medical therapeutics
- Modelocked fiber  
lasers will power  
soliton networks

## Technology Guide: CCD cameras



by:  
*Carlos B. Roundy, Gregory E. Slobodzian,  
Kurt Jensen, and Dan Ririe*

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

Digital imaging produces fast  
accurate laser beam diagnosis

# A LETTER

## FROM THE

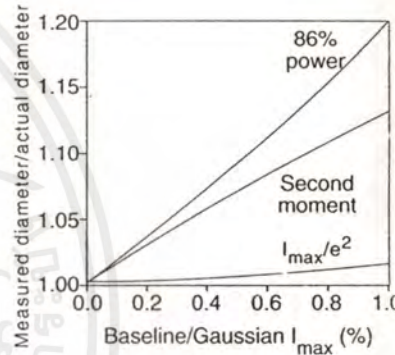
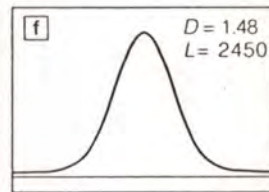
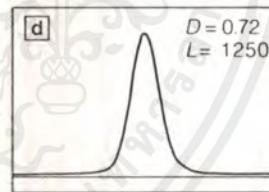
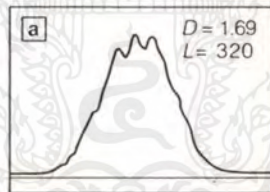
### PRESIDENT



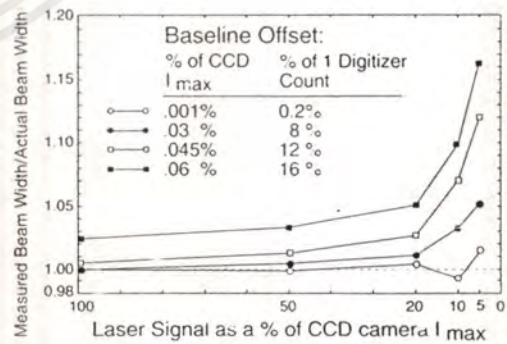
Dear Customer:

In an excellent article Richard D. Jones and Thomas R. Scott, of NIST, (*Laser Focus World*, January 1993, pp. 123-130) graphically illustrate the importance of controlling the baseline offset of a CCD camera when performing laser beam diameter measurements. The reproduction of their Figure 3 to the right illustrates that a baseline offset error of 1% could create beam diameter measurement errors as large as 20%.

In performing  $M^2$  measurements with CCD cameras, the offset error problem can be even more severe than envisioned by Jones and Scott. Referring to Figure 2 of their article, partially reproduced below, the actual beam peak intensities in Figures 2a and 2f would typically be 20% of the beam peak intensity in 2d (the beam waist) even though they are drawn to the same magnitude. Therefore, to perform accurate  $M^2$  measurements conveniently, it is critical that the measurement system be able to accurately measure beam diameters at far less than the CCD camera full intensity level.



The figure to the right summarizes measurements we recently made of the effect of minute changes in baseline offset vs. signal amplitude. Notice how the beam width error increases with decreased signal amplitude and increased offset. This figure illustrates the necessity for accurately correcting the baseline offset. The **Spiricon LBA-100A**, with **digital autocalibration** of the baseline offset, is the most accurate CCD camera-based laser diagnostic instrument available in the marketplace today. Consequently, it is the best CCD camera-based instrument available for **precise** beam width and  $M^2$  measurements.



Sincerely,

*Carlos B. Roundy*

Carlos B. Roundy, Ph.D.  
President

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc. • 2600 North Main • Logan, Utah 84321 • (801) 753-3729 • FAX (801) 753-5231

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำในเชิงพาณิชย์โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# Digital imaging produces fast and accurate beam diagnosis

Digital signal processing compensates for most errors associated with noise and baseline offset when CCD cameras make beam-width measurements.

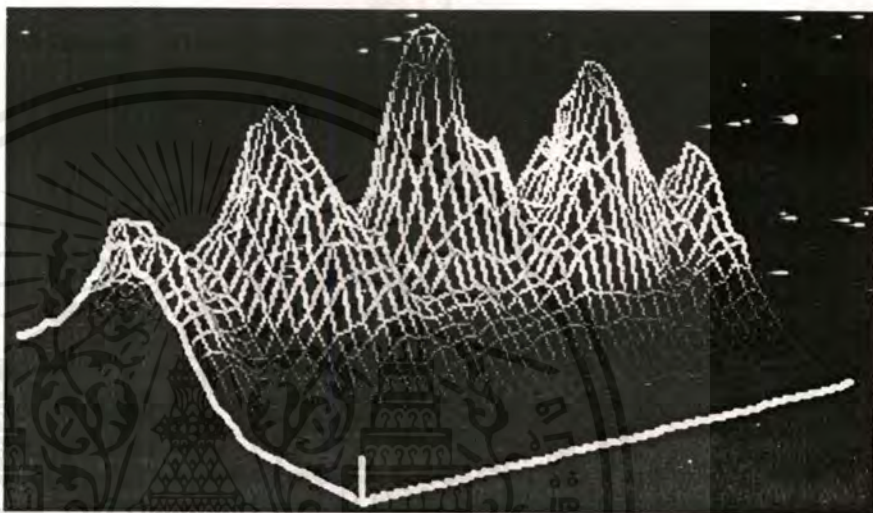
Carlos B. Roundy, Gregory E. Slobodzian, Kurt Jensen, and Dan Ririe

**C**harge-coupled-device (CCD) cameras are rugged solid-state devices with many useful characteristics for doing laser-beam diagnostics. The cameras, in conjunction with digitizing and processing electronics, primarily have two features. First, they give a picture of the beam profile so that the user can effectively see what the profile looks like (see photo). The fast response in both two- and three-dimensional modes provides an insightful, intuitive perspective on the beam characteristics. Seeing the whole beam profile while adjusting or tuning the laser or aligning the optical train usually provides improvement in laser performance and experimental accuracy and reduces the time required to perform needed functions.

Second, digitizing electronics can extract detailed quantitative measurements on beam characteristics, which allows the user to precisely determine the properties of the laser and to make incremental adjustments and improvements in its performance. The quantitative and visual feedback complement each other by simultaneously enabling precise operation. In addition, the quantitative data provide a permanent record of the setup and results.

The low signal-to-noise ratio (S/N) and baseline offset errors of many CCD

CARLOS B. ROUNDY is president, GREGORY E. SLOBODZIAN is engineering manager, KURT JENSEN is programmer, and DAN RIRIE is QA manager at Spiricon Inc., 2600 N. Main, Logan, UT 84321.



Because it captures a two-dimensional image, a CCD camera can perform real-time beam diagnostics. In this false-color display, the peak intensity indicates relative energy in each element of a five-bar diode-laser array module, while the peak symmetry indicates the beam spatial profile.

cameras, however, cause problems in obtaining precise laser-beam dimensional measurements under varying camera conditions. There are a number of methods or algorithms to measure laser-beam diameters; some are more accurate than others (see "Beam-width measurement methods vary," p. 118). CCD performance deficiencies translate not only into beam-width errors, but also into errors in divergence and  $M^2$  measurements. Engineers at Spiricon (Logan, UT) have developed a digital method (patent pending) to compensate for these deficiencies that enables much more accurate and consistent measurements, especially of low-level signals and for small focused beams, than is otherwise possible with CCD cameras.

#### Camera characteristics

CCD cameras have several properties that make them excellent devices for spatial-profile measurements of laser beams:

- They make simultaneous matrix, whole-beam measurements

- They provide high resolution (as fine as  $9 \mu\text{m}/\text{pixel}$ ) with a linear output signal versus input power
- They cover a wide spectral range (from  $190 \text{ nm}$  to  $1.1 \mu\text{m}$ ) with excellent uniformity over the sensor surface
- They are rugged solid-state devices.

There are, however, deficiencies in CCD cameras that affect their measurement of beams. The major deficiency is the relatively low S/N, even with the signal close to the saturation of the camera. This becomes more critical when the signal cannot be adjusted close to the camera saturation, or when information in the low-signal-level wings of a beam is important to the measurement of the laser characteristics.

Commercial cameras typically have a S/N of about 300 when comparing peak signal at saturation to rms noise. In this case, the rms noise is equivalent to one standard deviation of the noise distribution, which translates to a peak-to-peak S/N of only about 50, where the peak-to-peak noise level is typically plus or minus three standard deviations. Using

Reprinted from the October 1993 edition of **LASER FOCUS WORLD**

Copyright 1993 by PennWell Publishing Company

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ใช่ว่าจะนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Beam-width measurement methods vary

It has been said that "measuring the width of a laser beam is like measuring the size of a cotton ball with a caliper."<sup>1</sup> There are a number of different methods or algorithms for measuring the beam width of a laser. Here is a brief overview of some popular methods.

**Second-moment method ( $D_{4\sigma}$ ).** The second-moment method is considered by many to be the "true" definition of beam width, but it has difficulties in implementation. In the second-moment method the pixel energy times the square of the distance from the centroid is integrated to find the beam width. However, noise in the wings of the beam contributes excessive error to the calculation, resulting in a wide deviation in beam-width calculations.

Other methods are used in place of direct implementation of the second-moment method because they approximate the second-moment measurement results but are less susceptible to error due to noise. These approximations have been extensively studied by Sasnett and others.<sup>2,3</sup>

**Knife-edge method ( $D_{KE}$ ).** The knife-edge beam width is defined at the distance between the points where a knife edge blocks a defined percentage of the total energy, such as 10% and 90%. A correction factor is then applied to the result to provide an equivalent  $D_{4\sigma}$  width. This method can be implemented in software on the output of a CCD camera and is one of the methods in consideration for inclusion in the proposed ISO standard.

**Variable-aperture method ( $D_{86}$ ).** In the variable-aperture method, a software-generated aperture around the beam centroid is successively increased in size until a defined percentage of the beam energy (usually 86.47%), is included within the aperture. The beam size is then the diameter of the aperture. For circular beams that are nearly Gaussian, this

method provides an equivalent  $D_{4\sigma}$  width.

**Percent of energy method.** A simplified approximation of the variable-aperture method is the percent of energy method. In descending order, pixel values are summed until a specified total percentage of energy is included in the sum. This is usually 86.47% of the total. The beam width is the equivalent circular diameter that would contain the summed pixels. This method is an accurate approximation of the aperture and  $D_{4\sigma}$  method as long as the beam is circular and nearly Gaussian.

**Percent of peak vs. percent of energy methods.** All of the percentage of energy methods of beam-width calculation, including second-moment, knife-edge, variable-aperture, and percent of energy, are heavily influenced by errors in baseline offset. A small percentage error in the baseline offset integrated over the entire area can create large errors in beam-width measurement.

The percentage of peak method is not nearly so sensitive to baseline offset errors. In many cases, however, the percentage of peak method is susceptible to beam-width error calculations from noise in the peak. Either a "hot spot" on the peak, a "flat-top" beam, or a beam with a "hole" in the center would create widely divergent beam-width calculations for otherwise very similar beams.

C. B. R., G. E. S., K. J., and D. R.

#### REFERENCES

1. Mike Sasnett, M<sup>2</sup>Squared Co., Los Altos, CA, personal communication
2. A. E. Siegman, T. F. Johnston, Jr., and M. W. Sasnett, "Choice of Clip Levels for Beam Width Measurements using Knife-Edge Techniques," *IEEE J. Quantum Electron.* (April 1991).
3. T. F. Johnston, Jr., M. W. Sasnett, and L. W. Austin, "Measurement of 'Standard' Beam Diameters," presented at Workshop on Laser Beam Characterization, Madrid, Spain (June 1993).

and the consequent measurement of divergence and  $M^2$ .

A second drawback of CCD cameras is variation in the camera baseline offset or zero signal level. Because all signal levels are measured riding on the baseline offset, errors in the offset adjustment can directly affect measurement of beam-profile properties. The camera offset level drifts with time, temperature of the environment, and aging, especially during the first one to two hours after turn-on as the camera heats up. Warm-up can easily give a difference of 10% in a typical large-area, high-intensity beam-diameter calculation between initial camera turn-on and final stable operation.

Any shift in offset is especially serious under two measurement conditions. The first case is when very small beams covering only a few pixels are being measured (see Fig. 1a). In the case of a

**The low S/N and baseline offset errors of many CCD cameras cause problems in obtaining precise laser-beam dimensional measurements under varying camera conditions.**

$120 \times 120$ -pixel array with a one-count error in the baseline, there would be 14,400 error counts in the dc offset. A beam that covered only a 12-pixel diameter in the beam width would include a total of approximately 113 pixels. For a Gaussian distribution, the signal would provide a total of 14,411 signal digital counts. Thus, the baseline number of counts in a  $120 \times 120$  matrix would contribute almost equally as many total counts as the signal, making possible errors as high as 100% or more, depending on the measurement method.

The second case is when there are low-level signals, with an even lower S/N (see Fig. 1b). Suppose that this beam is large and covers 100 pixels in the beam width, but the magnitude is only 10% of saturation. Pixel count for this signal would be roughly 114,000 counts. A baseline of 14,400 pixels/count in this case is 13% of the total signal count. More important, at the  $1/e^2$  points, the baseline offset is roughly equal to the sig-

an 8-bit digitizer with 256 digital counts of signal level, this noise translates into about five counts. The high noise level, equivalent to 2% of saturation of the camera, inhibits accurate measurements of beam characteristics, especially in the wings of the beam where signal levels

are low. This is particularly critical in beam-diameter measurements made at the  $1/e^2$  point, or 13.5% of the peak.

Thus, if the S/N is 50 at the peak, the S/N at the  $1/e^2$  point would be as low as 7. This low S/N can have a serious effect on the measurement of diameter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

nal magnitude, making accurate beam-width measurements almost impossible. Therefore, for nondigitally calibrated beam-width measurements, it is necessary to keep the peak signal to at least 70% of saturation.

Baseline offset causes other problems in measuring laser-beam intensity profiles and dimensions (see Figs. 1c-1f). Figure 1c illustrates a Gaussian laser beam in the perfect situation, where there is absolutely zero noise. Also, the baseline is flat and adjusted perfectly so that only the actual signal is digitized in the digitizer. Figures 1d and 1f illustrate a laser beam in the presence of baseline offset. In Figure 1d the offset is too low, and the wings of the laser beam are suppressed below the zero digitizer cutoff. Thus, information in the wings is suppressed, and a measurement of beam width would be too small.

In Figure 1e, the baseline offset is too high, and even where there is zero signal, the digitizer would project a positive signal. In this case, dimensional measurement on the laser beam would predict a beam width larger than actually exists. Figure 1f illustrates the shading possibility: on one edge of the beam the offset is too low, and on the other edge of the beam the offset is too high. These errors would distort all beam measurements.

**Inadequate correction techniques**

There are initial coarse corrections that can be performed to correct for deficiencies in the video camera. These corrections provide some improvement but leave the overall performance lacking. For CW laser beams, or consistently pulsed beams, signal averaging can be used to improve the S/N. About 25-32 frames could be averaged to obtain a S/N improvement of about 5. This S/N improvement helps in finding signals in the presence of random noise, but has no effect on errors in baseline setting or shading.

Baseline or reference-frame subtraction is a technique used to make partial improvements in CCD camera performance. First, it removes any gross shading effects in the camera. Baseline subtraction, however, leaves shading effects in the system that are less than one digitizer count. Also, baseline reference subtraction removes gross errors in the baseline offset only if the errors are in the positive direction. That is, if the baseline level is higher than the zero digitizer level, then the baseline can be subtracted from subsequent signals, and

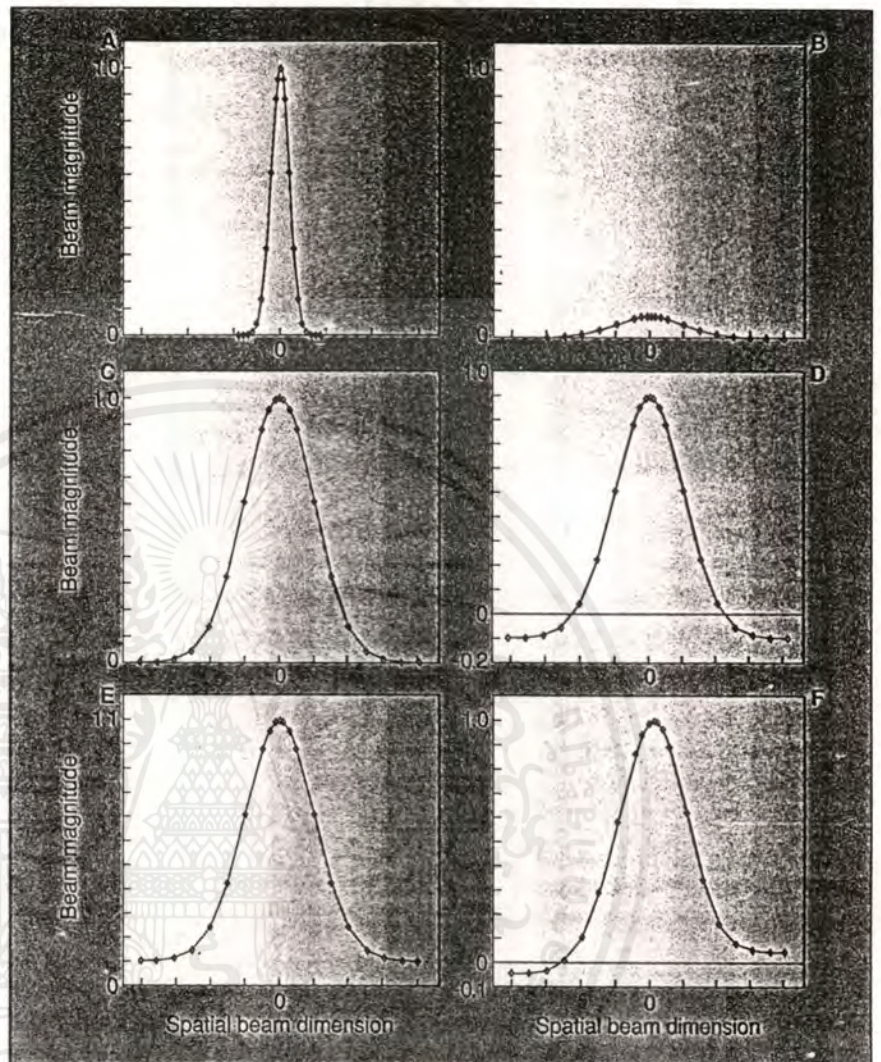


FIGURE 1. Baseline offset causes difficulties when CCD cameras measure beam width in certain situations. Shown here are a beam with small area (a), low intensity (b), perfect baseline (c), negative baseline offset (d), positive baseline offset (e), and shading in baseline (f).

the erroneous offset effect removed. If, however, the baseline has drifted in the opposite direction, that is, it is negative from the zero digitizer level, then it is impossible to detect how much baseline offset exists, and this technique cannot correct for such offset.

After coarse correction of signal averaging and baseline reference subtraction, camera deficiencies remain that are not yet corrected. Some of these include

- noise on single shot measurements
- baseline offset or shading less than one digital count
- baseline that was below the A/D zero threshold
- signal components in noise that are below the digitizer threshold or are subtracted by reference subtraction
- drift in baseline over time for fixed baseline settings. This drift could come

from turn-on warm-up time, changes in ambient temperature, or component aging in either the camera or the frame-grabber electronics.

**Baseline error correction**

Spiricon engineers have developed a frame-grabber electronic system with digital baseline control. The system uses digital signal processing and special algorithms (patent pending) to set the baseline to zero and make corrections dynamically. This "autocalibration" process takes the processor only a few seconds. It can be performed as often as needed, depending on the expected baseline variations after camera turn-on or other factors that might contribute to the baseline drift.

The baseline-correction technique greatly improves the performance of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นใบแจ้งบริจาครีบบนหน้าปก

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A LETTER

FROM THE

PRESIDENT



Dear Customer:

For the past three years, Spiricon Inc. has been the catalyst in promoting the technical revolution in laser beam diagnostic instruments. Combining technical innovations and a "performance-at-realistic price" approach to product design, Spiricon has established new standards for accuracy, precision, and reliability. It is obvious from our record sales in 1992 that you appreciate the benefits of this Spiricon "performance-at-realistic price" philosophy. I thank you for your continuing and outstanding support.

In 1993, Spiricon will continue to maintain its innovative and price sensitive approach to laser beam diagnostic products. Whether you are planning to purchase the **LaserProbe** pyroelectric arrays, the economy priced **LBA-100i**, the popular **LBA-100A Advanced Laser Beam Analyzer**, or the **Pyrocam II/LBA-200** laser beam diagnostic system, I personally guarantee you the highest performance laser beam diagnostic instrumentation available anywhere in the world.

When purchasing a laser beam diagnostic system, don't be misled by the competition's sales talk. When you hear them say "Spiricon is always slashing prices", what they are really saying is: "**Spiricon knows how to deliver performance at realistic prices**". When you hear them say "Spiricon only gives you pretty pictures", what they are really saying is: "**We cannot attack the Spiricon accuracy and performance**". When you hear them say "We're going to add that new Spiricon feature to our product", what they are really saying is: "**Spiricon continues to be the technology leader**".

If you are wondering what a laser beam diagnostic instrument can do to improve the performance of your laser, may I invite you to contact Spiricon today. Qualified personnel will arrange to analyze your laser in your facility. I am confident that you will discover characteristics of your laser that will equate directly to improving your laser performance.

Sincerely

*Carlos B Roundy*  
Carlos B. Roundy, Ph.D.  
President

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
Spiricon, Inc. • 2600 North Main • Logan, Utah 84321 • (801) 753-3729 • FAX (801) 753-5231

โปรดอ่านใบแจ้งหนี้ทุกครั้งก่อนชำระเงินค่าสินค้าและบริการ และอย่าลืมแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## A LETTER

## FROM THE

## PRESIDENT



Dear Customer:

There are some suppliers of laser beam diagnostic equipment who claim that beam width measurement accuracy:

- 1) is "directly proportional to the number of CCD camera pixels displayed by the instrument"
- 2) requires "the beam signal level be at least 70% of the CCD camera saturation"; and,
- 3) requires "the CCD camera GAIN and BACKGROUND controls be factory-set to maintain accurate system operation".

In reality, these misconceptions are promoted by the suppliers to conceal the performance deficiencies of their laser beam diagnostic equipment when compared to the Spiricon LBA-100A. To verify the fallacy of their claims, I recently performed beam width measurements under various conditions using an LBA-100A from a current production run. Figures 1, 2, and 3 present the results of these measurements and show how the Spiricon AUTOCALIBRATE feature provides such remarkable accuracy.

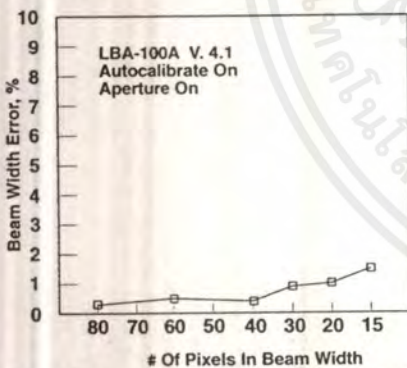


Figure 1. Typical Beam Width Error Vs. # of Pixels

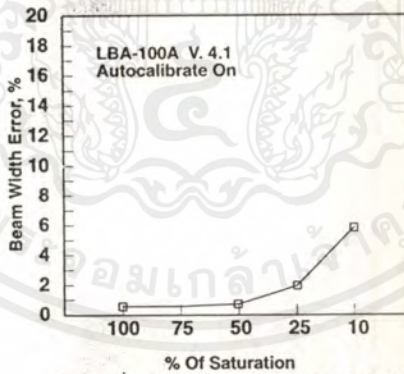


Figure 2. Typical Beam Width Error Vs. % Saturation

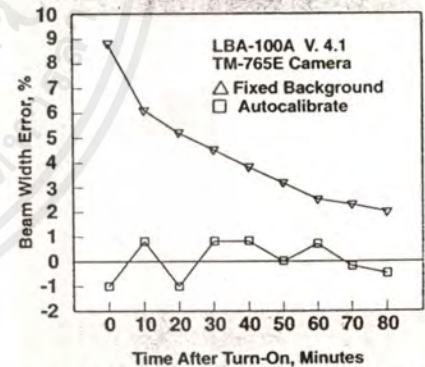


Figure 3. Typical Camera Drift After Turn On

Although other laser beam diagnostic equipment manufacturers may claim they are "the standard of the industry", Spiricon consistently challenges the substance of such a claim by introducing superior products with innovative concepts and features. With our "performance-at-realistic price" philosophy, and our dedication to delivering accuracy and precision, I believe Spiricon products can meet all your laser beam diagnostic requirements. Call Spiricon today, and qualified personnel will arrange to analyze your laser in your facility.

Sincerely,

*Carlos B. Roundy*

Carlos B. Roundy, Ph.D.  
President

**SPIRICON**  
Laser Beam Diagnostics

Spiricon, Inc. • 2600 North Main • Logan, Utah 84321 • (801) 753-3729 • FAX (801) 753-5231

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CompuServe is much more...

# AVerMedia

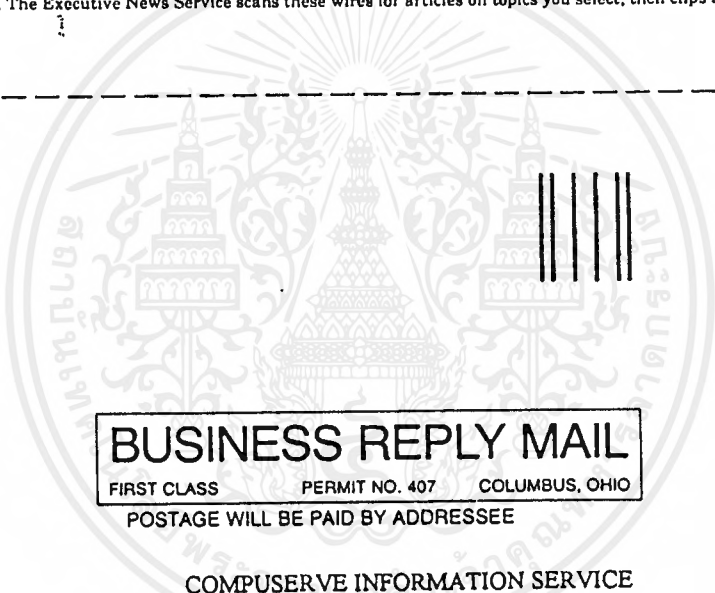
The AVerMedia Technologies Section of the Multimedia Vendor Forum is your window to the body of additional services available on CompuServe. Many services complement specific applications. Others add a new dimension to business endeavors. Still others to personal interests, from aviation to Zinfandel wines.

**\*Invest Wisely.** Speed stock purchases and sales with convenient electronic brokerage services. View stock trends online, research investment possibilities, or transfer data from CompuServe for use in your favorite spreadsheet package.

**\*Take a trip.** Compare airline schedules and fares on CompuServe. Find the least expensive flight or the best time to fly. Buy your tickets online, or pass information on to your travel agent.

**\*Do your homework.** Turn hours of research into minutes online, with hundreds of national and international databases requiring diverse specializations. Avoid lengthy library searches by pulling up abstracts and full articles directly online.

**\*Be informed.** Turn to CompuServe's online news services daily for news from the Associated Press' national and international wires, United Press International's national, international and regional wires, The Washington Post, Reuters, and other reputable sources. The Executive News Service scans these wires for articles on topics you select, then clips and saves them for reading leisure.



NO POSTAGE  
NECESSARY  
IF MAILED  
IN THE  
UNITED STATES



**BUSINESS REPLY MAIL**

FIRST CLASS      PERMIT NO. 407      COLUMBUS, OHIO

POSTAGE WILL BE PAID BY ADDRESSEE

COMPUSERVE INFORMATION SERVICE  
DEPARTMENT 228  
5000 ARLINGTON CENTER BLVD  
PO BOX 20212  
COLUMBUS OH 43220-9988



## Don't pass this up.

As an AVerMedia Technologies customer, you're entitled to a free Introductory Membership to CompuServe, Including:

\*A FREE one month membership to access all of CompuServe's Basic Services,

\*a \$ 15 introductory usage credit to explore AVerMedia Technologies Section of the Multimedia Vendor Forum and CompuServe's other Extended and Premium Service offerings,

\*a private User ID Number and Password,

\*a complimentary subscription to CompuServe Magazine, CompuServe's monthly computing publication.

Start connecting with AVerMedia Technologies and other CompuServe members by completing and returning this reply card, or call 800-524-3388 and ask for Representative #228 (In the UK, call 0800 289 378. In Germany, call 0130 37 32. In the rest of Europe, call (+49) (89) 66 55 0 111. Outside the U.S., Canada and Europe, call 614-529-1349. Be sure to ask for Representative #228). If you're already a CompuServe member, enter GO AVER at any prompt to access the AVerMedia Technologies Section of the Multimedia Vendor Forum on CompuServe.

Try out CompuServe free!  
Return this card or call us for  
your free User ID and Password.

Name: \_\_\_\_\_

Position: \_\_\_\_\_

Company: \_\_\_\_\_

Address: \_\_\_\_\_

City: \_\_\_\_\_ St: \_\_\_\_\_ Zip \_\_\_\_\_

Country: \_\_\_\_\_ Tel: \_\_\_\_\_

## FCC NOTICE

This card has been tested and found to comply with the limits for a Class A digital device, pursuant to Part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a commercial, industrial or business environment. This equipment generates, uses, and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instruction, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

## CAUTION ON MODIFICATIONS

To comply with the limits for the Class A digital device, pursuant to Part 15 of the FCC Rules, this card must be installed in computer equipment certified to comply with the Class A limits. All cables used to connect the computer and peripherals must be shielded and grounded. Operation with non-certified computers or non-shielded cables may result in interference to radio or television reception.

Any changes or modifications not expressly approved by the grantee of this device could void the user's authority to operate the equipment.

## DISCLAIMER

Information presented in this publication has been carefully checked for reliability; however, no responsibility is assumed for inaccuracies. The information contained in this document is subject to change without notice.

## Trademarks

AVer VideoCommander 2 is a trademark of AVerMedia TECHNOLOGIES, Inc. IBM and PS/2 are registered trademarks of International Business Machines Corporation. MS-DOS is a registered trademark and Windows is a trademark of Microsoft Corporation. All other products are trademarks or registered trademarks of their respective owners.

## Copyright

©1994 by AVerMedia TECHNOLOGIES, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, transmitted, transcribed, stored in a retrieval system, or translated into any language in any form by any means without the written permission of AVerMedia TECHNOLOGIES, Inc.

# Contents

## Introduction

<i>What is AVer VideoCommander 2</i> .....	1
<i>Features</i> .....	1
<i>Package Contents</i> .....	2
<i>System Requirements</i> .....	2
<i>VGA Card Supported</i> .....	2
<i>About This Guide</i> .....	3

## Chapter 1. Installing the Adapter

<i>Before You Begin</i> .....	5
<i>Connectors, Jumpers, and DIP Switches</i> .....	5
<i>Default Setting</i> .....	6
<i>Mounting the Adapter</i> .....	7
<i>Multiple Card Option</i> .....	9

## Chapter 2. Installing the Utilities and Drivers

<i>First of All</i> .....	11
<i>Install the Utilities</i> .....	12
<i>Install the Drivers</i> .....	13

## Chapter 3. Operating the Windows Utilities

<i>Getting Started</i> .....	15
<i>Main Menu</i> .....	15
<i>IMAGE</i> .....	16
<i>EFFECTS</i> .....	18
<i>VIEW</i> .....	19
<i>SETUP</i> .....	21

## Chapter 4. Operating the DOS Utilities

<i>Syntax</i> .....	27
<i>Hot Keys</i> .....	28
<i>File Lists of VCMDOS</i> .....	29

<i>Appendix A Technical Supplement</i> .....	31
<i>Appendix B Multiple Cards Setting</i> .....	33

## What is AVer Video Commander 2

AVer VideoCommander 2 is a new-generation video windowing board which offers RGB true color, live video capturing, frame grabbing and windowing capabilities. Now you are able to show a true color picture and live video on your computer, you may capture them and store in your hard disk drive as well. AVer VideoCommander 2 will make your computer become a multimedia video station.

## Features

AVer VideoCommander 2 comes with the following features:

- 24 bits RGB true color video mode in 1.5 MBytes video memory or 16 bits RGB hi-color video mode in 1 MBytes video memory.
- Supports VGA mode 640x480 in 16/256/32K/64K/16M colors, 800x600 in 16/256/32K/64K colors, and 1024x768 in 16/256 colors.
- Maximum Video Resolution on Memory : 1024x512.
- Maximum Video Resolution on VGA screen : 640x480.
- New-generation display processing capability gives clean and crisp display.
- Fractional zoom up to 1:16 times.
- Real-time panning, horizontally and vertically
- No limitation of system memory, able to address first megabytes memory bank or over first megabytes system memory.
- Video Input : Composite video or S-Video, select one out of three sources at a time.
- Video Input Format : YUV 422
- Video Output : Standard VGA, from 31.5Khz to 35Khz.

## Package Contents

This package includes following items:

- AVer VideoCommander 2 Adapter
- User's Guide
- One 3.5" Floppy Disks
- Feature Connector Cable
- Video Cable

## System Requirements

To run AVer VideoCommander 2 properly, you need:

- A 386 or higher model of IBM PC/AT compatible computer
- VGA graphic card with a feature connector
- 4 megabytes free space on your hard disk
- Windows 3.1 or higher
- A Microsoft mouse or compatible

## VGA Card Supported

AVer VideoCommander 2 supports most major VGA cards in the market. For extended modes such as hi-color or true-color modes, AVer VideoCommander 2 supports those created by the following hardware devices:

1. VGA cards with *Sierra RAM-DAC* : SC11483, SC11487, SC15025, SC15026 or compatibles.
2. VGA cards with AT&T RAM-DAC : 20C490, 20C491 or 20C492.
3. VGA cards implemented with CIRRUS GD5426 chipset.

For those VGA cards not on the list, AVer VideoCommander 2 may supports them as well. If your VGA cards is not working properly, please refer to your dealer.

## About this Guide

The purpose of this guide is to assist users in installing and operating AVer VideoCommander 2 adapter in an ISA-Bus compatible computer.

To make installing process easier and quicker, this guide is divided into the following sections:

**Introduction**  
**Installing the Adapter**  
**Installing the Utilities and Drivers**  
**Operating the Windows Utility**  
**Operating the DOS Utility**

You must read this guide thoroughly before attempting to use the AVer VideoCommander 2 adapter.

## - Installing the Adapter -

(This page is intentionally left blank)

### Before You Begin

Before installing AVer VideoCommander 2 into your computer, please perform the following:

1. Read this manual first and learn how to set the jumpers and DIP switches, and how to connect the cables properly.
2. Prepare a screw driver which is appropriate for your computer.
3. Turn off the computer. Disconnect the computer's power cable from the AC outlet. Disconnect all cables attached to the back of the computer.

### Connectors, Jumpers and DIP Switches

There are two video connectors, one DIP switch block and two jumper blocks on the boards (Figure 1):

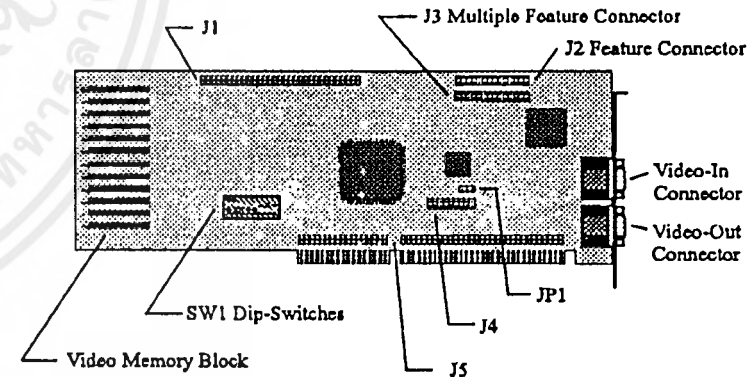


Figure 1. Board Layout

## Default Settings

Your AVer VideoCommander 2 has already been configured to run on a typical multimedia setup. The DIP switch and Jumper default settings are shown below:

Switch/Jumper	Setting	Function
SW1-1	OFF	Enables software selection of memory access modes
SW1-2	OFF	
SW1-3	OFF	
SW1-4	OFF	
SW1-5	OFF	
SW1-6	ON	
J4-17/18	CLOSE	Set I/O port address as B28/B29 Hex

For the advanced user, a separate section details the necessary adjustments required for setting up AVer VideoCommander 2 to your own software/hardware requirements. Please refer to "Appendix A : Technical Supplement" for the relevant information.

## Mounting the Adapter

1. Remove the computer's cover as explained below:
  - a. The rear of your computer may be fitted with a plastic panel. Remove this panel.
  - b. Remove the cover fixing screws.
  - c. Remove the computer's cover.
2. Insert the AVer VideoCommander 2 adapter into next expansion slot to VGA adapter. If this slot is not available, move the occupant to another empty slot.
3. Connect AVer VideoCommander 2 to VGA adapter with a 26 pins flat cable through feature connector on both adapters. Note that the colored edge of the flat cable is marked as pin No. 1, and it must be placed at the same direction of both feature connectors.

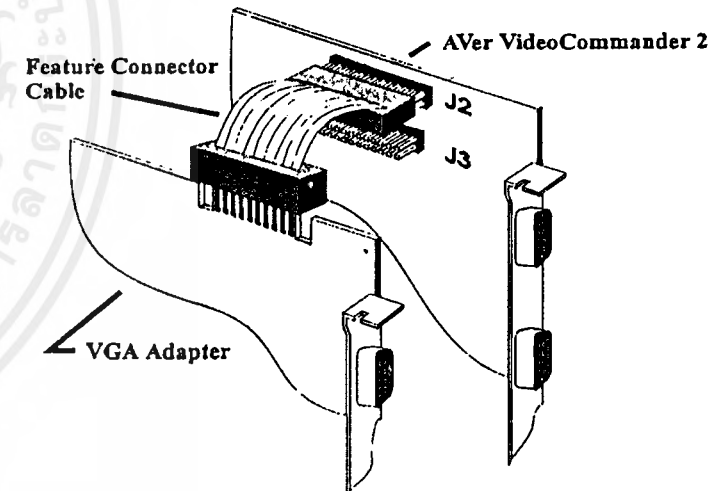


Figure 2. Connecting AVer VideoCommander 2 and VGA Card

4. Connect your VGA monitor and VGA output connector to AVer VideoCommander 2 with video cable.
5. Connect video source to AVer VideoCommander 2. This adapter allows three video input sources, you may activate one at a time.

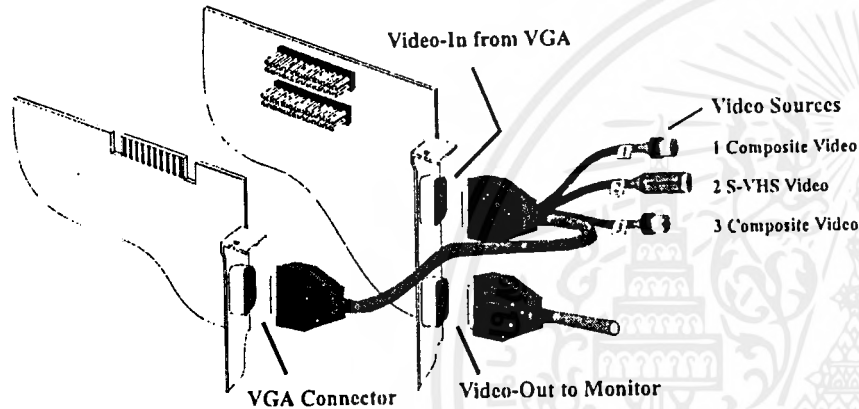


Figure 3. Connecting AVer VideoCommander 2 to VGA Monitor and video source

6. Re-assembling the computer.
  - a. Check the following before replacing the cover:
    - Connections between the adapter and the computer
    - Jumper block setting
  - b. Fix the computer's cover using the mounting screws.
  - c. Replace the rear plastic panel if fitted.

## Multiple Card Option

User may install more than one AVer VideoCommander 2 in one system. Each AVer VideoCommander 2 is able to provide separate video source, in other word, user may have more than one active video source in one system.

1. Insert the 2nd AVer VideoCommander 2 adapter into next expansion slot to first one.
2. Connect first and second AVer VideoCommander 2 with a 26 pins flat cable. The first one is connect to "J3" and the 2nd one is connect to "J2" (see Figure 4.). Note that the colored edge of the flat cable is marked as pin No. 1, and it must be placed at the same direction of both feature connectors.

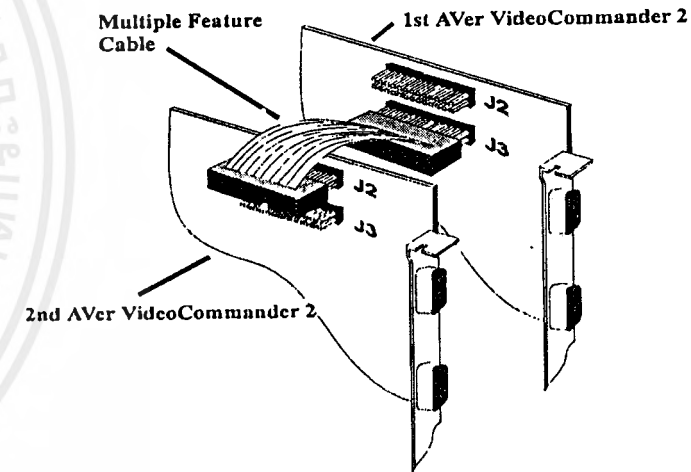


Figure 4. Connecting 1st AVer VideoCommander 2 and 2nd AVer VideoCommander 2

When installing multiple cards, there are several Dip-Switches and Jumpers have to set up, the default as follow:

SW1-7	ON	Sets multiple card address
SW1-8	ON	
J4-1/2	CLOSE	Sets card ID
J4-17/18	CLOSE	Sets I/O port address as B28/B29 Hex

For the advanced user who wish to set up the multiple card function, a separate section details the necessary adjustments required for setting up AVer VideoCommander 2 to your own software/hardware requirements. Please refer to "Appendix B : Multiple Cards Setting" for the relevant information.

### **Important Note**

*The multiple card function cannot access directly from the basic operation program. The information in this section is for programmer level users. Normal end-user needs a special application software to drive this function.*

### First of All

Before you start the installation, you shall make a backup copy of the utilities and drivers disks in this package.

AVer VideoCommander 2 works in both DOS and Windows environment. There are two utilities (Windows and DOS) and two drivers comes with this package :

#### 1. AVer VideoCommander 2 Utilities

AVer VideoCommander 2 provides two utilities, one is Windows base and another one is DOS base video-in-a-window software which allow users to operate adapter in both modes.

#### 2. AVer TV Tuner Driver

This is the link driver for AVer Tuner board to work with AVer VideoCommander 2 adapter.

### **Important Note:**

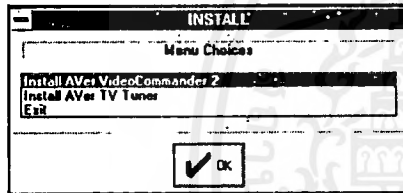
*This manual assumes a certain degree of computer knowledge and understanding of DOS and Windows. Refer to your DOS and Windows manual for instructions on basic DOS and Windows operations.*

## Installing the Utilities

### AVer VideoCommander 2 Windows Utility

Before starting installation, you have to activate your Windows program first.

1. Insert the "Utilities Disk" into drive A or B.
2. Select **"Run"** in **"File"** pull-down menu when under Program Manager. After a dialog box appeared on screen, type **"A:\INSTALL"** and press **<Enter>**.
3. Select the **"Install AVer VideoCommander 2"** in main menu and click on **"OK"**.

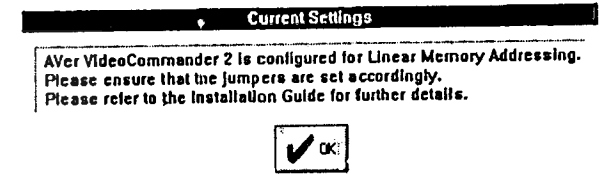


Now, install program detects your hardware configuration automatically and makes a suggestion of memory access mode to fit your system.

4. Click on **"OK"**, if you accept the configurations on **"Video Memory Addressing"** dialog box.
5. Specify the fixed drive on **"Select Installation Drive..."** dialog box.
6. Specify the path where you want to store the utility when **"Install"** dialog box comes up.

Next, several dialog boxes will appear sequentially to show the status of installation.

7. Click on **"OK"**, if the settings are correct when **"Current Settings"** dialog box appears:



Then the main menu comes up and the installation of **"AVer VideoCommander 2"** utility is completed.

## Installing the Drivers

### AVer TV Tuner Driver

To install **"AVer TV Tuner"** driver, you shall activate the same install program in utilities disk. Beside select **"AVer TV Tuner"** in the main menu, most of install procedures are same as **"AVer VideoCommander 2"** utility.

**Zoom**

Enlarges a live or a frozen video image. When the FIT command is not in effect, you can pan in any region of the motion/still video while zoom is set.

**Strobe**

Enables you to specify the frame rate from 1/2 to 1/16 of which the video is to be captured.

**Mirror Video**

Mirror refers to a special type of stretching, it creates the right/left reflection of captured image.

**Solarize**

When the most significant color bit(s) are masked off during the full motion video capture or while loading an image through the cpu, it results in freezing the image at that particular time with resolution that of masked off bits. This frozen image is displayed super imposed on the incoming live video with reduced color resolution. The visual effect is referred to as solarization.

**Posterize**

When the least significant color bit(s) are masked off during the full motion video capture or while loading an image through the cpu, it results in having continuous color patched over a region. This visual effect is also known as posterization.

**Color Separation**

Set/Reset color masks for Red, Green and Blue. This command enables or disables the color components. By default all colors are fully enabled (masks disabled). This menu has three items available:

1. **RED** - Enables/Disables red component of an image.

2. **GREEN** - Enables/Disables green component of an image.

3. **BLUE** - Enables/Disables blue component of an image.

By selecting Capture button and selecting one or more of the color components, you can disable colors for the live Video. Similarly by selecting CPU button and deselecting one or more of the color components, you can disable the color components for the images loaded into the frame buffer from the hard disk.

**Init**

Initializes the frame buffer to black, white or shades of gray as selected. If the window is live than it clears it and return to the live video. If the video window was frozen than it clears it and remains cleared (black/white). If gray scale option is selected, then the frame buffer is initialized to gray scale.

**Quarter**

Scales the input video to fit in the size of a quarter of the input video size and displays the video in that size.

**CIF**

Scales the input video to fit in CIF size (352 pixels X 288 lines) and displays the video in that size.

**QCIF**

Scales the input video to fit in QCIF size (176 pixels X 144 lines) and displays the video in that size.

**VIEW**

## **Square Pixel**

When this option is selected then the aspect ration between the pixels and lines is maintained when the window is resized. (This application uses an aspect ration of 4/3)

## **Whole Pure Video**

Displays the full live video input on the screen. The image is not zoomed and hence "pure."

## **Full VGA Screen**

Resizes the video image to the size of the full VGA screen. This can be also accomplished by double clicking on the video using the left button on the mouse. To restore the size, double click on the left button.

## **Fit**

Resizes (scales) the live video image to fit inside the video window. When the application is first launched, it opens the video window with FIT selected. This allows the display of an entire image with size reduced. For Example an unscaled image of 640 X 480 can be viewed fully in a window of size 160 X 120 by resizing the video window when FIT command is selected. Then the video window is automatically programmed to scale the video to fit in this size. But, if you would like to see only a particular region of an incoming image at full resolution than you will deselect the 'Fit' command. This results in displaying horizontal and vertical PAN bars in video window. Using this panning feature one can view any region of incoming image at full display resolution.

## **Always On Top**

The video window always stays on top of the other windows. Video window takes precedence in case of any windows overlap.

## ***Note:***

*The video screen would be repositioned to the middle of the VGA screen whenever the Output Viewport menu item is selected. Now you can modify the required parameters in the output viewport for suitable viewing. The window is positioned back to the original place either when you choose OK or Cancel.*

## **SETUP**

### **Color Control**

The controls in this menu allows for the adjustment of the picture brightness, contrast, hue, sharpness, and saturation of the incoming picture. User can adjust these controls to set the picture quality to its liking. These controls are effective before the video is captured in memory so when saving a picture you get what you see on display.

For a strong video signal if the brightness or contrast are set too high than picture in video window may roll vertically and to stabilize the picture lower the brightness and/or contrast value.

### **Filter**

Allows you to turn the filters on or off on the live video data. Enabling the filters would reduce the noise in the picture and smoothens the video.

### **Clean Motion**

Captured picture will at its best quality when this function is enable.

## Video Source

AVer VideoCommander supports three video sources. This command allows you to switch between the available video sources.

## Input Viewport

Allows the user to 'crop' the input video. The menu bars provided here allow you to specify the start and end of video in both horizontal and vertical directions. Typically video needs to be cropped to remove the noise around the edges of the video. Depending upon the video source, you may have to align the start of input video. Also, since the input video is interlaced, sometimes it may happen that the fields may be swapped and the picture looks distorted. To swap back the fields to their proper positions, you can invert the capture field through the menu item provided.

## Output Viewport

Adjusts the video window parameters for seamless display of video data along with graphics data. The various controls in this menu allow the precise horizontal and vertical adjustment of video window inside a graphics window. Initially these commands are used to match the VGA in your system, once set and saved, you need to use

these commands unless when (i) you want to run AVer VideoCommander utilities in different graphics display mode or (ii) the VGA in your system is changed.

For adjusting the video window after changing the graphics display mode, first set the correct settings in VGA Parameters menu and then use commands described below.

### **Start Horizontal and Vertical**

These commands are used when there is a color key visible inside the video window. The Start Horizontal

control shifts the video window left or right. If it is not possible to remove the visible color key on the right side of the video window than use the VGA DAC Skew control. The Start Vertical control shifts the video window up or down.

### **Pan Horizontal and Vertical**

These commands are used when there is no key color inside video window but a small part of the video window is frozen. These commands moves video data inside video window in horizontal and vertical directions. Very rarely one would need to use these controls.

### **VGA DAC Skew**

This control should be used only when it is not possible to eliminate the graphics key color on the right side of the video window using the 'Start Horizontal' command in 'Output Viewport' menu. This control (VGA DAC Skew) is set and saved only once to match the digital to analog converter pipeline delay of the DAC used on the VGA board in your system.

### **VGA Parameters**

This dialog box allows setting of VGA H-Sync and V-Sync polarity as well as specify the VGA display as interlaced. Whenever VGA graphics display (raster) size is changed, one or more of the above parameters have to be set.

Due to signal degradation through the feature connector, you may see some jittering pixels or random noise. You may use "VGA Clock Adjust" or "Skew" to adjust it.

**Note :**

*When running AVer VideoCommander utilities with original settings, video may not be properly aligned in the video window in this new graphics mode. To align video, first try the VGA H-Sync and V-Sync polarity control. For more information on VGA parameters please refer to the documentation comes with the VGA*

**Color Key**

Allows user to select the key color for the purpose of video overlay. In 16 color VGA mode any one of 16 colors can be used as a key. In 256 color VGA mode, only the pure colors (about 20 of 256) can be used for color keying.

**External Hardware**

Allows software selection of the Memory Address Mode (Linear or Page), settings for the I/O interrupt (IRQ), etc. Please refer to the "Hardware Installation Guide" to ensure that the Jumpers and DIP Switches are accordingly adjusted to enable software selection.

**Show Picture Size**

Displays the size of the video window on upper left corner of the video.

**Show Setup**

Shows various software/hardware settings. It displays port address, memory size, memory mapped address, frame buffer type, output video type etc.

**Save Settings**

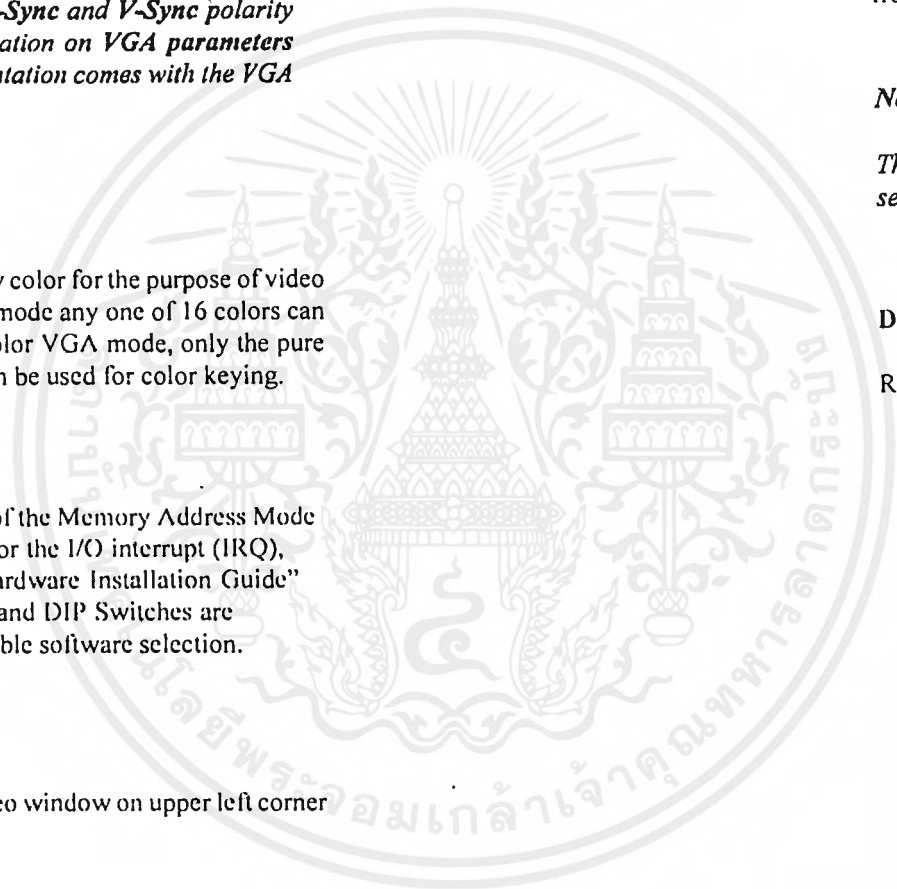
Save all the software settings like aligning the video in the window, brightness, contrast, VGA parameters etc. to a file 'vmpplus usr'. The software reads the initializing values from this file when it is invoked subsequently.

**Note :**

*The "save settings" option is not recommended to be selected when the video is zoomed.*

**Default Settings**

Resets the software settings to the original setting.



(This page is intentionally left blank)

### Syntax

This chapter provides an overview of the basic commands of **AVer VideoCommander 2** Dos utility. It includes basic syntax, hot-key command, and certain file lists.

There is a executable DOS utility :

**VCMDOS.EXE**

You may use the following syntax to view and manipulate a video window at the DOS prompt.

**VCMDOS [X Y W H] [VMPLUS.USR]**

Coordinates

**X** x coordinate of video window (top left)  
**Y** y coordinate of video window (top left)  
**W** width of video window  
**H** height of video window

**VMPLUS.USR** AVer VideoCommander2 init file

Note:

- If no video window coordinates or dimensions are specified then the program runs in interactive mode. This leaves you to size and move the window using menus.
- If no init file is in the command line, then the default init file VMPLUS.USR is used.
- In interactive mode, if the current VGA display is in text mode (i.e. modes 3 or 7), then the program switches to VGA graphics mode (mode 12h).
- In batch mode, the video window parameters (X, Y, W, and H) must be correct or you will receive the following error:

**“parameter <??> setting error!  
syntax: vcmdos [x y width height] [vmplus.usr]”**

In TEXT mode (mode 3), the display resolution is in 720 by 400. Therefore, X ranges from 0 to 719, Y ranges from 0 to 399, WIDTH ranges from 1 to 720, and HEIGHT ranges from 1 to 400.

In GRAPHICS mode (mode 12h), the display resolution is in 640 by 480.

- e. If the init file parameter settings are wrong or if the init file is not in the current directory, you will get the following message,

**“The .ini file is wrong or H/W setting error”**

- f. If you want a video window under graphics mode (mode 12h), first type “MODE12[.COM]” then run “VCMDOS X Y W H [VMPLUS.USR]” using the desired window parameters.
- g. If you want to change the VGA display mode from mode 12 back to text mode 3, you type “MODE CO80.”

KEY	FUNCTION
L.Shift+Right	Increase video window width
Alt+1	Select video source 1
Alt+2	Select video source 2
Alt+3	Select video source 3
Ctrl+C	Draw color bar ON/OFF
Ctrl+F	Freeze/Unfreeze live video
Ctrl+H	Show HUE effect
Ctrl+L	Clean motion effect ON/OFF
Ctrl+M	Mirror video ON/OFF
Ctrl+P	Posterize video ON/OFF
Ctrl+S	Solarize video ON/OFF
Ctrl+V	Set to video mode
Ctrl+W	Full screen video ON/OFF
Ctrl+X	Exit to DOS
Ctrl+Z	Zoom video ON/OFF
F1	Display help screen
F2	Save image as a 24-bit BMP file
F3	Display video information ON/OFF
F4	Video ON/OFF before exit
F5	Load a 24-bit BMP file
ESC	Quit the help screen

## Hot Keys

User may use following Hot Keys to control the video window in Interactive Mode

KEY	FUNCTION
Up	Move video window up
Down	Move video window down
Left	Move video window left
Right	Move video window right
L.Shift+Up	Reduce video window height
L.Shift+Down	Increase video window height
L.Shift+Left	Reduce video window width

## File Lists of VCMDOS

### VMPLUS.USR

default init file for Paged Memory Addressing

### MVM121A.USR

default configuration file used in init file VMPLUS.USR. You can use the VMAPP.EXE command to set the correct initial value of the configuration file.

## VCMDS.TXT

documentation of VCMDS.EXE

## MODE12.COM

changes VGA display mode to graphics mode 12h

## MODE3.COM

changes VGA display mode to text mode 3

## Trouble Shooting

There are problems when using AVer VideoCommander 2 in Paged Memory Mode with the DOS Memory Utility *EMM386.EXE*. Please remove this command from your CONFIG.SYS script file. Alternatively, if you must use it, please add either **X=D000-D7FF** (paged mode address set at D000) or **X=E000-E7FF** (paged mode address set at E000) after the EMM386.EXE command.

## Memory Mode Settings

## Appendix A: Technical Supplement

There is a switch block on the board "SW1"(Figure 1) which contains eight Dip-switches (SW1-1, SW1-2,..., SW1-8).

Switches SW1-1 to SW1-6 are used to define the **Memory access mode**:

**AVer VideoCommander 2** allows CPU to access its video memory in two ways:

- **Linear mode:**  
The video memory on the **AVer VideoCommander 2** is mapped above the first MBytes of system memory. Linear Mode provides 16 bits memory access capability which is faster than Page Mode, but it might impose the limitation of your system to contain main memory less than 16 MBytes.
- **Page mode:**  
The video memory on **AVer VideoCommander 2** is accessed through a 32K memory bank which is mapping within the first MBytes of system memory. The physical mapping address of the 32K memory bank is specified in the ".INI" files (Default is "D000-D7FF Hex"). This mode provides 8 bits memory access and no system memory limitation.

The **AVer VideoCommander 2** adapter contains mechanisms to switch memory accesses between Linear Mode and Page Mode through entries in **VMPLUSUSR** file. Usually Installation Software will advise you of selecting Linear Memory Mode or Page Mode based on system memory size (Linear Mode=system memory less than 15 MBytes software and PageMode=system memory equal to 15 MBytes or more).

## Appendix B: Multiple Cards Settings

AVer VideoCommander 2 comes with a software switch of Page/Linear Mode. But some time you will meet difficulties when you try to set it up. Most of difficulties are happen in the following situation :

- Video input from a NTSC TV system.
- Liner mode address is selected.

if you experience difficulties with software switch you may turn to the hardware setting according to the following switch settings:

SW1	-1	-2	-3	-4	-5	-6
Software Selection	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	ON
Linear Mode	ON	OFF	OFF	ON	ON	OFF
Page Mode	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF

### Caution

After you change the method of the memory mode setting, you **MUST** change the software setting in the Windows application "VMAPP.EXE". You may use the "External Hardware" of the "Setup" pull-down menu to match them.

### I/O Address Settings

Jumper 4 pin 17 and 18 are designed to set the I/O port address. The default is B28/B29 Hex, and the pin 17 and 18 are connected(CLOSE). But it may conflict with other devices in the system, you may switch to B18/B19 by disconnect(OPEN) pin 17 and 18. Those pins also designed to set the multiple cards, please check the details in "Appendix B".

### I/O Address Setting

SW1-7,SW1-8 with Jumper Block 4 (J4) pin 17 and 18 are used to set Multiple Card I/O Address :

Multiple Card I/O Address	J4-17/18	SW1-7	SW1-8
0B2C	CLOSE	ON	ON
0B2D	CLOSE	ON	OFF
0B2E	CLOSE	OFF	ON
0B2F	CLOSE	OFF	OFF
0B1C	OPEN	ON	ON
0B1D	OPEN	ON	OFF
0B1E	OPEN	OFF	ON
0B1F	OPEN	OFF	OFF

### I/O Function Settings

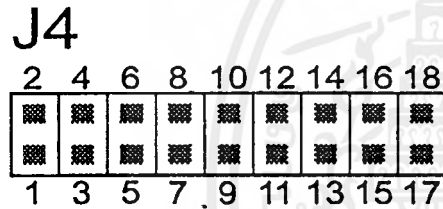
Jumper Block 1 (JP1) is used to enable and disable Multiple I/O functions.

Multiple I/O Function	JP1 Pins 1/2	JP1 Pins 2/3
Enabled	CLOSE	OPEN
Disabled	OPEN	CLOSE

## IRQ Settings

The AVer VideoCommander Z contains mechanisms to switch between IRQ15 and IRQ12 through entries in VMPLUS.USR file.

Jumper 4 (J4) pin 1 to 16 are used to set multiple card ID. Only one out of the eight pairs should be shorted, see following orientation:



## หนังสืออ้างอิง

1. Christopher Watkins ,Alberto Sadun and Stephen Marenua ,1996 ,Modern Image Processing : Wrapping ,Morphing and Classical Techniques
2. Springer Verlag ,Digital Image Processing : Concept ,Algorithms and Scientific Application ,New York
3. Steve Rimmer ,1992 ,Supercharged Bitmapped Graphics ,USA ,McGraw-Hill
4. Tom Swan ,1992 ,Matering Borland C++ ,first edition ,Indiana USA ,Prentice Hall Pushing
- 5.1990,Digital Image Processing Algorithms ,USA ,Prentice Hall
- 6.Pitas Ionnis ,1993 ,Digital Image Processing Algorithms ,USA ,Prentice Hall
- 7.Wayne C. Brown and Barry J. Sheperd ,1995 ,Graphics file formats : Reference and Guide ,Greenwich ,CT Manning
8. Herbert Schildt ,1992 ,The Craft of C : Take Charge Programming , Osborne ,McGraw-Hill
9. อาจารย์วุฒิ พันธุมนาวิน ,2532 ,เลขขอวีลิสกส์ ,กรุงเทพฯ ,โรงพิมพ์มิตรนาภาการพิมพ์
10. สานนท์ เคลือบกำเนต ,ณัฐวุฒิ สุขเจริญกุล ,2539 ,คู่มือการใช้ Microsoft Visual C++ เวอร์ชัน 2.00 ,กรุงเทพฯ ,ซีเอ็ดยูเคชั่น
11. ณัฐชัย แสงทอง ,สังคม ลอพอพันธ์ผล ,2539 ,โครงการพิเศษเรื่อง Laser Beam Profile , กรุงเทพฯ,ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## ประวัติผู้ทำโครงการพิเศษ

นางสาวกมลวรรณ เทพธรรานนท์ เกิด เมื่อวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2519

ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนอนุบาลอุตรดิตถ์ อ. เมือง จ.อุตรดิตถ์ เมื่อปีการศึกษา 2532
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี อ. เมือง จ.อุตรดิตถ์ เมื่อปีการศึกษา 2535
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนอุตรดิตถ์ดรุณี อ. เมือง จ.อุตรดิตถ์ เมื่อปีการศึกษา 2537
- สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขประจำตัว 37054402 เมื่อปีการศึกษา 2540

### ประวัติการฝึกงาน

บริษัท ไรต์-โรท์(ประเทศไทย) จำกัด เมื่อ 1 เมษายน - 31 พฤษภาคม พ.ศ. 2540

ผลงาน - ค้นคว้าและสร้างเครื่องมือ Electro Migration Tester

## ประวัติผู้ทำโครงการพิเศษ

นายพัฒนพงษ์ สุวรรณ เกิดเมื่อวันที่ 14 กรกฎาคม พ.ศ. 2519

ที่จังหวัดอุบลราชธานี

- สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษาจากโรงเรียนน้ำยืน อ. น้ำยืน จ. อุบลราชธานี เมื่อปีการศึกษา 2532
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนน้ำยันทวิธา อ. น้ำยืน จ. อุบลราชธานี เมื่อปีการศึกษา 2534
- สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนเบ็ญจะมะมหาราช อ.เมือง จ. อุบลราชธานี เมื่อปีการศึกษา 2537
- สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาจากภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขประจำตัว 37054426 ปีการศึกษา 2540

### ประวัติการทำงาน

ห้องปฏิบัติการ ออฟโตอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลงาน - ค้นคว้าและออกแบบการทดลองเรื่อง ออฟโตอิเล็กทรอนิกส์พื้นฐาน