

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

SEALED TUBE CO₂ LASER SYSTEM

วิทยานิพนธ์
ห้ามนำออกนอกห้องสมุด

นายสมศักดิ์ วีระวัฒนสุข

MR. SOMSAK TEERAWATTANASOOK



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาดำเนินการตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2538

ISBN 974-621-353-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหน้.....

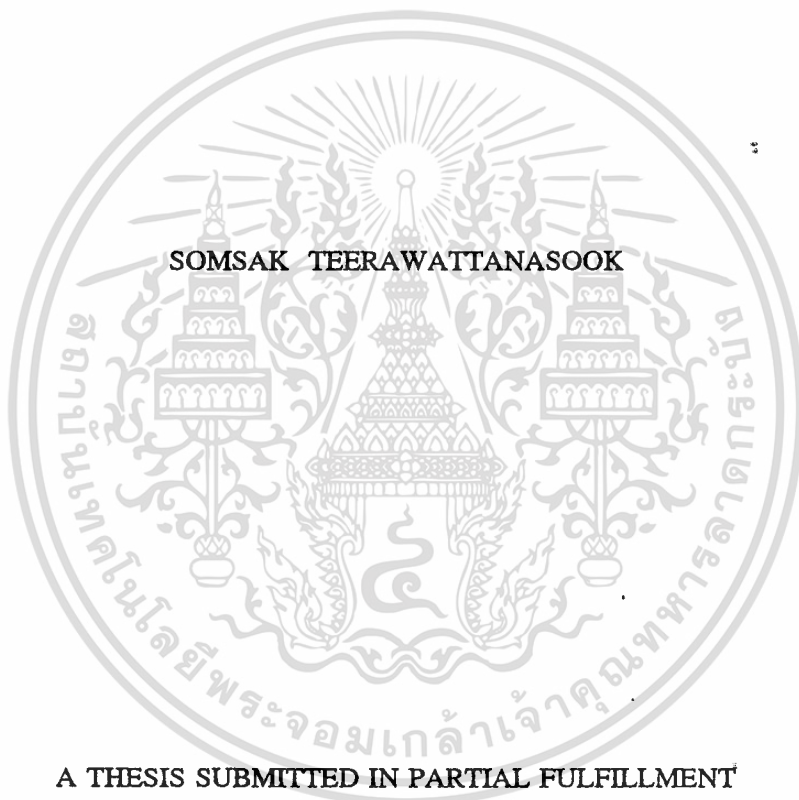
เลข. ยน. 23844

วัน, เดือน, ปี 9 ก.ย. 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEALED TUBE CO₂ LASER SYSTEM



**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE
MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING
GRADUATE SCHOOL
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

1995

ISBN 974-621-353-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด
นักศึกษา	นายสมศักดิ์ วีระวัฒนสุข
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	ผ.ศ. วิสุทธิ์ วุฒิรุ่งเรือง
ระดับการศึกษา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
พ.ศ.	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2538

บทคัดย่อ

คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ เป็นแก๊สเลเซอร์ชนิดหนึ่งที่ทำให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 10.6 ไมครอน ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆอย่างกว้างขวางโดยเฉพาะในด้านอุตสาหกรรมและการแพทย์ ในระยะเริ่มต้นจนถึงปัจจุบัน ได้มีการประยุกต์ใช้เลเซอร์กำลังสูงในการตัดและเชื่อมโลหะสำหรับงานอุตสาหกรรม อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มปริมาณการใช้เลเซอร์กำลังสูงเป็นไปอย่างค่อนข้างช้า แต่ในปัจจุบันปริมาณการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด จะมีอัตราการเจริญเติบโตเร็วมากเช่น ด้านอุตสาหกรรมได้มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดที่มีกำลังต่ำและกำลังปานกลางในงานวัสดุเช่น ใช้เชื่อมหรือหลอมวัสดุที่มีขนาดเล็ก ใช้ตัดหรือเชื่อม พลาสติกและผ้า ใช้ในการแกะสลักหรือกรีดวัสดุต่างๆ เป็นต้น ส่วนในด้านการแพทย์ก็ได้มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดในการทำศัลยกรรมผ่าตัดแล้วเป็นจำนวนมาก จากการที่ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ไม่ต้องใช้ระบบหมุนเวียนแก๊สและปั๊มสุญญากาศ ดังนั้นระบบจึงมีขนาดกระทัดรัด น้ำหนักเบา ราคาไม่แพงและสะดวกต่อการเคลื่อนย้าย

ในงานวิทยานิพนธ์นี้ได้สร้างระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ขนาด 8 , 10 และ 12 มิลลิเมตร โดยมีระยะดิสชาร์จ 45 เซนติเมตรเท่ากัน การวัดกำลังของแสงเลเซอร์ จะวัดจากการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแอคทีฟรี่เจียน , อัตราส่วนการผสมแก๊ส , ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ , ความดันรวมของแก๊สและเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนที่เป็นตัวแคโทดลิสที่ละตัว

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแอคทีฟรี่เจียนหรือขนาดของหลอดเลเซอร์ 10 มิลลิเมตร, อัตราส่วนระหว่างแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ : ไนโตรเจน : ฮีเลียมเป็น 1 : 4 : 5 , ความดันรวมของแก๊ส 36 มิลลิบาร์ , ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 44.6 มิลลิแอมป์ต่อตารางเซนติเมตร และออกซิเจน 0.4 เปอร์เซ็นต์ จะได้กำลังของแสงเลเซอร์ 34.2 วัตต์ต่อเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THESIS TITLE **SEALED TUBE CO₂ LASER SYSTEM**
STUDENT **MR. SOMSAK TEERAWATTANASOOK**
THESIS ADVISER **ASSIS. PROF. WISUT TITIROONGRUANG**
LEVEL OF STUDY **MASTER OF ENGINEERING IN ELECTRICAL ENGINEERING**
DEPARTMENT **ELECTRONICS , KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF**
TECHNOLOGY LARDKRABANG
YEAR **1995**

ABSTRACT

The carbondioxide (CO₂) laser is a gas laser which emits electromagnetic wave at the wavelength of 10.6 μm. In the past decade , CO₂ lasers have been widely used in various applications , particulary in industry and medicine. Until recently, applications of CO₂ laser in industry have primarily used high power CO₂ laser systems for cutting and welding . However , the number of high power CO₂ lasers in use is not increasing rapidly. Today the most rapid growth rate is occuring in applications of sealed tube CO₂ laser system . In the industrial area , low and medium power sealed tube CO₂ lasers system are used for material processing , including microsoldering or welding , cutting or sealing of plastics and cloth , marking or engraving of a variety of materials . In the medical area thousands of sealed tube CO₂ laser are being used for surgery . The sealed tube CO₂ laser requires no gas system and vacuum pump and hence it is compact , light-weight , low cost and convenient to move.

In this thesis work , sealed tube CO₂ lasers of diameter 8 , 10 and 12 mm with discharge length 45 cm have been designed and constructed . The output power of the laser were measured by varying following parameters ; active bore diameter , gas mixing ratio , discharge current density , total gas pressure and percent of O₂ catalyst.

The results show that , for the laser tube of diameter 10 mm , optimum laser power was measured to be 34.2 watt/m ; gas mixing ratio of CO₂ : N₂ : He = 1 : 4 : 5 total gas pressure 36 mbar ; discharge current density of 44.6 mA/ cm² and 0.4 % of O₂ catalyst.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความร่วมมือจากบุคคลหลายท่าน แม้ว่าจะพบกับอุปสรรคในการทำงานมากมาย อย่างไรก็ตามงานวิทยานิพนธ์นี้ก็สำเร็จลุล่วงมาได้ ซึ่งข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผศ.วิสุทธิ ฐิติรุ่งเรือง ผู้ช่วยอธิการบดีฝ่ายกิจการนักศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำปรึกษาซึ่งเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณ รศ.ดร. พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ แห่งห้องปฏิบัติการเลเซอร์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (National Electronics and Computer Technology Center) หรือศูนย์ NECTEC ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องเครื่องมือที่ใช้สำหรับการทดลอง และให้คำปรึกษาที่เป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ นอกจากนี้ขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ของศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ตลอดจนเพื่อนๆและนิสิตรุ่นน้องที่ให้กำลังใจในการทำงานมาโดยตลอด ขอขอบคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรม สั่งสอน ตั้งแต่เล็กจนโต ขอขอบคุณผู้ที่เคยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และสุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณบุพการีที่ให้การเลี้ยงดู ให้ความรักความอบอุ่น และให้กำลังใจแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

สมศักดิ์ ธีระวัฒนสุข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญภาพ	VI
สารบัญตาราง	VIII
ศัพท์เทคนิค	X
คำนำ	XIII
บทที่ 1 ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	1
1.1 ความเป็นมาของระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์	3
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีเกี่ยวกับคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	4
2.1 องค์ประกอบสำคัญในการทำให้เกิดคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์	4
2.2 หลักการของคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	4
2.3 การรวมตัวของคาร์บอน ไดออกไซด์ที่แตกตัวแล้ว	8
บทที่ 3 หลักการออกแบบระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	9
3.1 ความแตกต่างระหว่างระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดกับ แบบหลอดเปิด	9
3.2 การออกแบบส่วนประกอบต่างๆของหลอดคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบ หลอดปิด	13
3.3 การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแบบกระแสคงที่สำหรับระบบเลเซอร์	20
บทที่ 4 การสร้างระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	25
4.1 การสร้างหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์	25
4.2 การยึดกระจกเลเซอร์	25
4.3 การบรรจุแก๊ส	27
4.4 การปรับระนาบของกระจกเลเซอร์ (alignment)	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 การซีล (seal) หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์	33
บทที่ 5 การทดสอบระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้าง	35
5.1 การวัดกำลังของเลเซอร์	35
5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง กลางที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียน(active region)	38
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับอัตราส่วนผสมของ แก๊ส (gas mixing ratio)	44
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความหนาแน่น กระแสดิสชาร์จ (discharge current density)	50
5.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของ แก๊ส (total gas pressure)	56
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับเปอร์เซ็นต์ของ ตัวแคทอะลิส (catalyst)	62
5.7 การทดสอบความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์หลังจากการซีลหลอด แบบถาวร	66
5.8 การทดสอบการทำงานของระบบเลเซอร์	69
บทที่ 6 สรุป	74
6.1 ผลการวิจัย	74
6.2 แนวทางการพัฒนาและประยุกต์ใช้งาน	78
6.3 ข้อเสนอแนะ	79
หนังสืออ้างอิง	80
เอกสารอ้างอิง	82
ประวัติผู้เขียน	95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ไดอะแกรมสถานะพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ ความยาวคลื่น 10.6 μm	6
รูปที่ 3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบ หลอดปิด	10
รูปที่ 3.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบ หลอดเปิด	11
รูปที่ 3.3 โครงสร้างของหลอดเลเซอร์แบบหลอดปิด	14
รูปที่ 3.4 ลักษณะภาพตัดขวางของลำแสงเลเซอร์	16
รูปที่ 3.5 กราฟของ Tye	16
รูปที่ 3.6 ภาพกระจกเลเซอร์ด้านหน้าและด้านหลัง	17
รูปที่ 3.7 ภาพของอิเล็กโทรด	18
รูปที่ 3.8 ภาพของตัวยึดกระจกเลเซอร์	19
รูปที่ 3.9 ภาพของตัวยึดกระจกเลเซอร์ที่ประกอบเข้ากับหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์	19
รูปที่ 3.10 วงจรจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงแบบกระแสคงที่สำหรับระบบเลเซอร์	22
รูปที่ 3.11 กราฟแสดงคุณลักษณะของ negative และ positive resistance	23
รูปที่ 3.12 เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงแบบกระแสคงที่สำหรับคาร์บอน ไดออก ไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	24
รูปที่ 4.1 เตาอบสุญญากาศสำหรับอบหลอดเลเซอร์	26
รูปที่ 4.2 แทนมาตรฐานสำหรับยึดหลอดเลเซอร์และอุปกรณ์อื่นๆ	26
รูปที่ 4.3 กาวพิเศษสำหรับติดกระจกเลเซอร์	27
รูปที่ 4.4 ไดอะแกรมของระบบสุญญากาศสำหรับกระบวนการบรรจุแก๊ส	28
รูปที่ 4.5 เกจสำหรับวัดความดันสุญญากาศ (vacuum guage)	29
รูปที่ 4.6 วาล์วสำหรับใช้ในงานสุญญากาศซึ่งมีอัตราการรั่วซึมต่ำมาก (high vacuum valve)	29
รูปที่ 4.7 ภาพของถังบรรจุแก๊สที่ผสมตามอัตราส่วนที่ต้องการและถังบรรจุแก๊สที่เป็น ตัวแคทอะดิส	30
รูปที่ 4.8 ภาพของชุดปรับอัตราส่วนผสมแก๊ส	31
รูปที่ 4.9 ภาพของปั๊มสุญญากาศความดันต่ำมาก (ultra high vacuum pump)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.10 ภาพของการจัดเครื่องมือในการ alignment	32
รูปที่ 5.1 ตำแหน่งของเครื่องวัดกำลังเลเซอร์และลักษณะการวัด	36
รูปที่ 5.2 เครื่องวัดกำลังของคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ (laser power meter)	37
รูปที่ 5.3 หัววัดกำลังเลเซอร์ (laser detector)	37
รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความดันรวมของแก๊ส เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนมีค่าเป็น 8 , 10 และ 12 มิลลิเมตร	42
รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่ออัตราส่วนผสมของแก๊ส CO ₂ : N ₂ : He เป็น 1 : 1 : 8 , 1 : 4 : 5 และ 2 : 5 : 3	48
รูปที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความดันรวมของแก๊ส เมื่อความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 14 , 21.6 และ 44.6 mA/cm ²	54
รูปที่ 5.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่อความดันรวมของแก๊สเป็น 25 , 34 และ 36 mbar	60
รูปที่ 5.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับเปอร์เซ็นต์ของตัวแกทเตลิส(โดยความดันรวมของแก๊ส)	64
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์กับเวลา	68
รูปที่ 5.10 ภาพการตัดกระดาษโดยใช้ระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น	70
รูปที่ 5.11 ภาพการเจาะพลาสติกโดยใช้ระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น	70
รูปที่ 5.12 ภาพการตัดยางโดยใช้ระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น	71
รูปที่ 5.13 ภาพการตัดไม้อัดโดยใช้ระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น	71
รูปที่ 5.14 ภาพการทดลองยิงแสงเลเซอร์ลงบนปูนซิเมนต์ทนอุณหภูมิสูง	72
รูปที่ 5.15 ตัวอย่างหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ทดลองสร้างขึ้น	72
รูปที่ 5.16 เครื่องมือที่ใช้ในการเป่าหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์	73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1	สรุปข้อแตกต่างระหว่างระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด กับระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด	12
ตารางที่ 5.1	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส เมื่อขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนเป็น 8 มิลลิเมตร	39
ตารางที่ 5.2	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส เมื่อขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนเป็น 10 มิลลิเมตร	40
ตารางที่ 5.3	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส เมื่อขนาด เส้นผ่านศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนเป็น 12 มิลลิเมตร	41
ตารางที่ 5.4	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่ออัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 1 : 8	45
ตารางที่ 5.5	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่ออัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5	46
ตารางที่ 5.6	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่ออัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 2 : 5 : 3	47
ตารางที่ 5.7	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส เมื่อความ หนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 14 mA/cm^2	51
ตารางที่ 5.8	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส เมื่อความ หนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 21.6 mA/cm^2	52
ตารางที่ 5.9	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส เมื่อความ หนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 44.6 mA/cm^2	53
ตารางที่ 5.10	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่อความดันรวมของแก๊ส 25 mbar	57
ตารางที่ 5.11	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่อความดันรวมของแก๊ส 34 mbar	58
ตารางที่ 5.12	ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่อความดันรวมของแก๊ส 36 mbar	59

- ตารางที่ 5.13 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับเปอร์เซ็นต์ของแก๊สออกซิเจนที่ใช้เป็นตัวแคโทดลิส เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียนเป็น 10 มิลลิเมตร อัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 44.6 mA/cm^2 ความดันรวมของแก๊สเป็น 36 mbar โดยการทดสอบในสภาพการซีลแบบชั่วคราว 63
- ตารางที่ 5.14 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์กับเวลาเมื่อหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์อยู่ในสภาพซีลแบบชั่วคราว (Temporary) และแบบถาวร (Permanent) 67



ศัพท์เทคนิค

ภาษาไทย	ภาษาอังกฤษ
ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	sealed tube CO ₂ laser system
ค่าใช้จ่ายในการทำงาน	operating cost
เ็นโดสโคป	endoscope
อะครีลิก	acrylic
ซีล	seal
แรงดันตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์	tube voltage
ความหนาแน่นกระแสเสดิสชาร์จ	discharge current density
กำลังของเลเซอร์ต่อระยะเสดิสชาร์จ	laser power to discharge length
ความดันรวมของแก๊ส	total gas pressure
อัตราส่วนผสมของแก๊ส	gas mixing ratio
แอคทีฟรีเจียน	active region
แคทอะลิส	catalyst
แหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด	infrared source
ความเข้ม	intensity
ไมครอน	micron
สารตัวกลางเลเซอร์	laser medium
กระจกเลเซอร์	laser mirror
แหล่งจ่ายกำลังงานสำหรับกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์	laser power supply
สนามไฟฟ้า	electric field
โฟตอน	photon
แนวแกนแสง	optical axis
แควิตี	cavity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่สูญเสีย	loss
สภาวะเทรชโฮลของเลเซอร์	laser threshold condition
คลื่นต่อเนื่อง	continueous wave
สเปกตรัม	spectrum
เซลล์แสงอาทิตย์	solar cell
การชนกับอิเล็กตรอน	electron impact
การไหล	flowing
แก้วควอทซ์	quartz
เกน	gain
ปฏิกิริยาเลเซอร์	laser action
การกระตุ้นในแนวตามยาว	longitudinal exciting
หลอดปิด	sealed tube
หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์	laser tube
วาล์วสำหรับงานสุญญากาศ	vacuum valve
ปั๊มสุญญากาศ	vacuum pump
เกจ	guage
ระบบระบายความร้อน	cooling system
น้ำหล่อเย็น	cooling water
อิเล็กโทรด	electrode
ทังสเตน	tungsten
วงแหวนอะลูมิเนียม	aluminum ring
พารามิเตอร์	parameter
การจัดแนวแสง	alignment
กระจกเลเซอร์ด้านหลัง	back laser mirror
ชั้นหลอดแก้วหุ้มสำหรับระบายความร้อน	cooling jacket
การป้อนกลับทางแสง	optical feedback

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คิตซาร์จ	discharge
แรงดันทำงาน	operating voltage
ไพรมารี	primary
เซ็คคันดารี	secondary
กฎของโอห์ม	Ohm's law
ทรานเซียนท์	transient
อิมพีแดนซ์ของการคิตซาร์จ	discharge impedance
อัลตราโซนิค	ultrasonic
มิลลิบาร์	mbar
อายุการใช้งาน	shelf life
ปั๊มสุญญากาศความดันต่ำมาก	ultra high vacuum pump
ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์	He-Ne laser
ฮีเลียม-แคดเมียมเลเซอร์	He-Cd laser
อาร์กอนเลเซอร์	Ar laser
เครื่องวัดกำลังเลเซอร์	laser power meter
ชั่วคราว	temporary
ถาวร	permanent
ไฟเบอร์ออปติก	fiber optic
สถานะกราวนด์	ground state
การตัด	cutting
การเจาะ	drilling
การกรีด	scribing
การเชื่อม	welding
สแตนเลส	stainless
โต๊ะสแกนชิ้นงาน	table scanner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ตลอดช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ นับเป็นเลเซอร์ชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญ ในการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในด้าน อุตสาหกรรม การแพทย์ การวิจัย ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเลเซอร์ที่มีกำลังสูง และสามารถใช้งานอย่างต่อเนื่อง ได้นานกว่าเลเซอร์ชนิดอื่น ในสมัยแรกๆ คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์จะเป็นระบบแบบหลอดเปิดทั้งสิ้น ซึ่งมีความไม่สะดวกต่อการปฏิบัติงาน และสิ้นเปลืองแก๊สที่ใช้เป็นสารตัวกลางเลเซอร์ เพราะเมื่อปล่อยแก๊สผ่านเข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แล้ว แก๊สก็จะถูกปั๊มสูญญากาศูดทิ้งไปเลย เนื่องจากไม่เหมาะที่จะนำกลับมาใช้งานอีก ปัจจุบันระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด นับว่าไม่ค่อยเหมาะที่จะนำมาใช้ในกระบวนการผลิตสมัยใหม่ ซึ่งต้องการเครื่องมือที่ไม่กินเนื้อที่มาก ค่าใช้จ่ายในการทำงานไม่สูงมากและต้องการการบำรุงรักษาต่ำ ดังนั้นจึงมีการคิดค้นและพัฒนาาระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดขึ้น เพื่อนำมาใช้แทนระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิดที่มีอยู่แล้ว ดังนั้นแนวทางการพัฒนาระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์สมัยใหม่ จะเน้นที่การพัฒนาาระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ซึ่งถ้าได้มีการค้นคว้าและวิจัยระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดแล้ว ก็สามารถใช้เป็นแนวทางนำไปสู่การสร้างและการซ่อมแซมหลอดกำเนิดแสงคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ซึ่งนอกจากจะเป็นการลดการนำเข้าของเครื่องเลเซอร์จากต่างประเทศแล้ว ยังเป็นการกระตุ้นให้เกิดการวิจัย และพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้อย่างกว้างขวางต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

1.1 ความเป็นมาของระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ นับเป็นเลเซอร์ชนิดหนึ่งที่ได้มีการนำมาประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวางเป็นเวลานานพอสมควร ทั้งในด้านอุตสาหกรรม การแพทย์ และการวิจัย โดยระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์เหล่านั้น จะเป็นระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด ซึ่งจะมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก มีส่วนประกอบที่ซับซ้อนยุ่งยาก และขณะที่เครื่องทำงานก็จะมีเสียงค่อนข้างดัง นอกจากนี้แล้วยังสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการทำงาน (operating cost) มาก โดยเฉพาะค่าแก๊ส เพราะเมื่อแก๊สไหลผ่านเข้าไปในหลอดเลเซอร์แล้วก็ต้องปล่อยทิ้งไปเลย เนื่องจากมีไอน้ำมันจากปั๊มสุญญากาศปนอยู่ ปัจจุบันการที่จะนำระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆซึ่งมีสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีข้อจำกัดแตกต่างกัน จำเป็นต้องกำจัดหรือลดข้อเสียเหล่านี้ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะและความต้องการ ของสถานประกอบการแต่ละประเภท เช่น ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือสถานประกอบการขนาดเล็ก ต้องการระบบเลเซอร์ที่มีขนาดเล็ก ไม่ใหญ่ น้ำหนักค่อนข้างเบา ค่าใช้จ่ายในการทำงานไม่สูงมาก และค่าบำรุงรักษาต่ำ เพื่อไม่ให้มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต ส่วนสถานพยาบาลต่างๆ ระบบเลเซอร์ที่ใช้จะต้องมีเสียงรบกวนน้อยที่สุด มีขนาดกระทัดรัด น้ำหนักเบา และเคลื่อนย้ายได้สะดวก สำหรับในสถานศึกษาและหน่วยงานวิจัยทั่วไป ต้องการระบบเลเซอร์ที่ราคาไม่แพง สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการทำงานต่ำ เพราะมักจะมียงบประมาณที่จำกัด

จากความต้องการระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่มีคุณสมบัติต่างๆดังกล่าว จึงได้มีการพัฒนาระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบใหม่ๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานแทนระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบเดิมซึ่งเป็นระบบแบบหลอดเปิดทั้งสิ้น โดยระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบใหม่นี้ถูกเรียกว่า ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด (Sealed Tube CO₂ Laser) ซึ่งระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด กำลังเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยมในการนำมาประยุกต์ใช้งาน แทนระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิดมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากโรงพยาบาลทั้งของรัฐบาลและเอกชนรวมทั้งคลินิคต่างๆ ได้มีการใช้คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ในการผ่าตัดทำศัลยกรรมตบแต่ง ตัดเนื้องอก ฝี หูด กรีดหนังตา นอกจากนี้แล้วยังใช้ในการผ่าตัดเนื้องอกหรืออวัยวะภายในโดยใช้ร่วมกับเอ็นโดสโคป (endoscope) ซึ่งในกรณีนี้จะมีผลดีกว่าการผ่าตัดแบบเดิมหลายอย่างได้แก่ ไม่ต้องเปิดปากแผลกว้าง ขนาดแผลไม่บอบช้ำมาก สูญเสียเลือดน้อย โอกาสติดเชื้อน้อยกว่า ขนาดแผลหายเร็ว และแทบจะไม่เป็นแผลเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้เวลาพักฟื้นไม่นาน ก็สามารถทำงานต่อได้ ส่วนในโรงงานอุตสาหกรรมบางแห่ง ก็ได้นำระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดไปใช้ในการตัดยาง กระจกอัด ไม้อัด ผ้า และอะคริลิก (acrylic) เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด เริ่มเข้ามามีบทบาทในการนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านต่างๆบ้างแล้ว และนับวันมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้น แต่อย่างไรก็ตามระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานนั้น จะเป็นเครื่องเลเซอร์ที่สั่งซื้อมาจากต่างประเทศทั้งสิ้น และเมื่อระบบเลเซอร์เกิดการชำรุดเสียหาย ก็จะต้องจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศมาทำการซ่อมแซม ซึ่งส่วนใหญ่มักจะพบว่า ต้องสั่งซื้อหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์จากต่างประเทศมาเปลี่ยนใหม่ซึ่งหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์อาจมีราคาสูงกว่า 50 % ของราคาเครื่อง และบางครั้งก็ไม่สามารถหาหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์รุ่นนั้นๆได้อีก นอกจากนี้ในการสั่งซื้อสินค้าจากต่างประเทศแต่ละครั้ง จะต้องเสียค่าใช้จ่ายอย่างอื่นเพิ่มเติมเช่น ค่าภาษี ค่าขนส่ง และค่าประกันความเสียหาย อีกทั้งยังต้องเสียเวลาในการดำเนินการพอสมควรกว่าจะสามารถใช้เครื่องได้ตามปกติ ดังนั้นจึงควรจะมีการค้นคว้าและวิจัย ที่เกี่ยวกับระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด เพื่อเป็นแนวทางในการซ่อมแซมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ และพัฒนาไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ อันจะมีส่วนช่วยลดการนำเข้าเครื่องเลเซอร์ อีกทั้งยังจะเป็นการกระตุ้นให้เกิดการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้ให้กว้างขวางต่อไปอีก

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำวิทยานิพนธ์

1. เพื่อออกแบบและสร้างหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด
2. เพื่อทดสอบการซีล (seal) หลอดเลเซอร์ โดยดูจากแรงดันตกคร่อมหลอดเลเซอร์ (tube voltage) ที่เปลี่ยนไป
3. เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ (laser power to discharge length) กับพารามิเตอร์ต่างๆ 5 ตัวคือ
 - # ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียน (active region)
 - # ค่าอัตราส่วนผสมของแก๊ส (gas mixing ratio)
 - # ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ (discharge current density)
 - # ความดันรวมของแก๊ส (total gas pressure)
 - # เปอร์เซนต์ของตัวแคทอะลิส (catalyst) ที่ใช้
4. เพื่อหาค่าสูงสุดของค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ จากระบบเลเซอร์แบบหลอดปิดที่สร้างขึ้น
5. ทดลองตัดหรือเจาะวัสดุบางชนิดเช่น กระจก พลาสติก ไม้ ยาง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์เล่มนี้มีเนื้อหาเกี่ยวกับ การศึกษาหาความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ 5 ตัวคือ ความหนาแน่นกระแสดีสซาร์จ , ความดันรวมของแก๊ส , อัตราส่วนผสมของแก๊ส , ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนและตัวแคทอะลิส (catalyst) กับค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดีสซาร์จ โดยจะศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงค่ากำลังเลเซอร์ต่อระยะดีสซาร์จ เมื่อตัวแปรแต่ละตัวมีค่าเปลี่ยนไป นอกจากนี้ยังได้ทำการทดลองเพิ่มเติมคือ การหาค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดีสซาร์จที่ดีที่สุด ของระบบเลเซอร์แบบหลอดปิดที่ได้สร้างขึ้น พร้อมทั้งทดลองใช้แสงเลเซอร์ในการตัด และเจาะวัสดุซึ่งได้แก่ กระจก พลาสติก ยาง และไม้ เป็นตัวอย่างอีกด้วย

1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงอินฟราเรด (infrared source) ที่มีความเข้ม (intensity) สูงและมีลักษณะเป็นลำแสงขนาดเล็ก ความยาวคลื่น 10.6 ไมครอน (micron)
2. ใช้ในกระบวนการตัด , เจาะ หรือกรีดวัสดุ โดยใช้ร่วมกับโต๊ะสแกนชิ้นงานซึ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์
3. ใช้ในทางการแพทย์เช่น ผ่าตัดหูด , ฝี , เนื้องอก หรือกรีดหนังตา เป็นต้น
4. ใช้เป็นเครื่องมือสาธิตการทำงานของคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด
5. ใช้เป็นแนวทางในการซ่อมแซมหลอดกำเนิดแสงคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดตลอดจนพัฒนาไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไป

บทที่ 2

ทฤษฎีเกี่ยวกับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

2.1 องค์ประกอบสำคัญในการทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ [1]-[7]

การจะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ จะต้องอาศัยองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 อย่างคือ

1. สารตัวกลางเลเซอร์ (laser medium) เป็นสารที่ต้องสามารถทำให้เกิดสถานะ population inversion และ stimulated emission ได้ซึ่งในที่นี้คือ แก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ ในโตรเจน และฮีเลียม
2. กระจกเลเซอร์ (laser mirror) จะมีสองชิ้นคือ กระจกเลเซอร์ด้านหน้าทีสร้างจากวัสดุที่ไม่ดูดกลืนพลังงานของเลเซอร์ได้แก่ ZnSe มีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงเลเซอร์อยู่ระหว่าง 65 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกระจกเลเซอร์ด้านหลังมีเปอร์เซ็นต์การสะท้อนแสงเลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 10.6 μm ได้เกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ สร้างจาก Si ที่เคลือบทองคำซึ่งสะท้อนแสงได้ดีเกือบทุกชนิด
3. แหล่งจ่ายกำลังงานสำหรับกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ (laser power supply) เพื่อทำให้เกิดสถานะ population inversion และ stimulated emission ซึ่งโดยทั่วไปแล้วสามารถทำได้หลายรูปแบบได้แก่
 - 3.1 การใช้คลื่นไมโครเวฟกระตุ้น (Microwave Excited CO₂ Laser)
 - 3.2 การให้ความดันและอุณหภูมิที่สูงมากๆ ก่อนจะปล่อยแก๊สผ่านช่องแคบๆเพื่อให้แก๊สมีความเร็วสูงและเกิดสถานะ population inversion ขึ้น (Gas Dynamic Laser)
 - 3.3 การกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ด้วยคลื่นวิทยุความถี่สูง (RF Excited CO₂ Laser)
 - 3.4 การใช้ลำอิเล็กตรอน (Electron Beam)
 - 3.5 การให้ไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูง (DC High Voltage) หรือสนามไฟฟ้า (Electric Field)

2.2 หลักการของคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

การกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ด้วยสนามไฟฟ้า (electric field exciting) นับเป็นวิธีหนึ่ง ที่นิยมใช้ในการกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ที่มีสถานะเป็นแก๊ส รวมทั้งคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ด้วย สำหรับกระบวนการในการเกิดปฏิกิริยาเลเซอร์อย่างละเอียด ผู้ที่สนใจสามารถค้นคว้าเพิ่มเติม ได้ตามรายชื่อหนังสืออ้างอิง ซึ่งได้ระบุไว้ในตอนท้ายของวิทยานิพนธ์นี้ [1]-[7] ส่วนในที่นี้จะได้อธิบายอย่างคร่าวๆเท่านั้น เนื่องจากได้มีการเผยแพร่หนังสือและตำรา ที่มีทฤษฎีเกี่ยวกับหลักการของเลเซอร์กันอย่างกว้างขวางพอสมควรแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

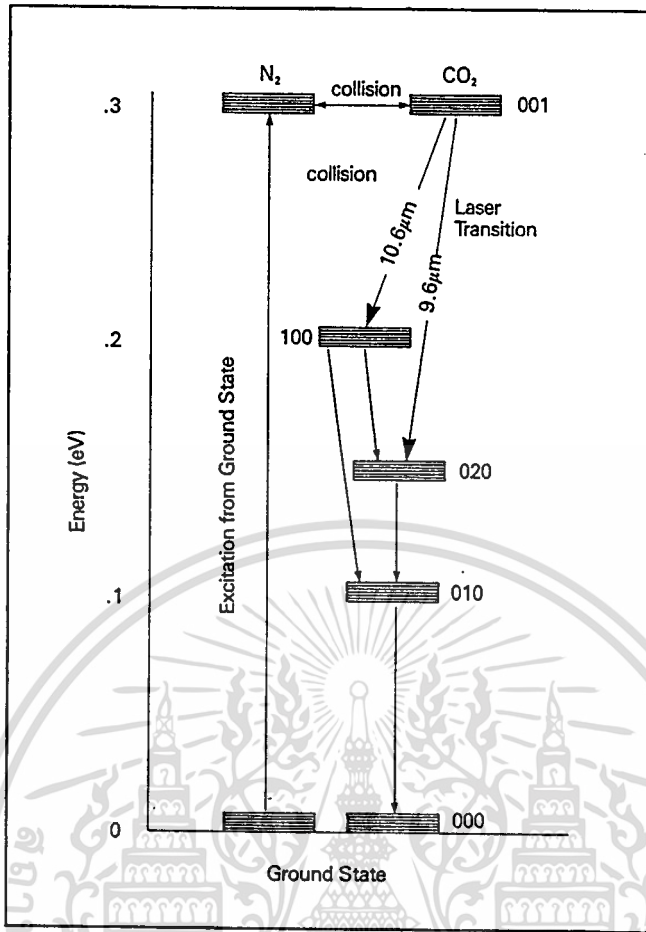
กระบวนการในการเกิดเลเซอร์โดยทั่วไปเริ่มจาก การจ่ายสนามไฟฟ้าแรงสูงให้กับสารตัวกลาง เลเซอร์ อะตอมหรือโมเลกุลของมันก็จะถูกกระตุ้นให้ขึ้นไปสู่ระดับพลังงานที่สูงกว่า แล้วตกกลับ ลงมาสู่ระดับพลังงานต่ำกว่าพร้อมกับปลดปล่อยโฟตอน (photon) ออกมา ในขณะที่อะตอมถูก กระตุ้นขึ้นไปสู่ระดับพลังงานที่สูงกว่านั้น ก็จะไปชนอะตอมอื่นๆที่อยู่ในระดับพลังงานนั้นๆก่อน หน้านี้แล้ว ซึ่งอะตอมที่ถูกชนก็จะปลดปล่อยโฟตอนออกมาพร้อมกันด้วย แสงที่เกิดจากการปลด ปล่อยโฟตอนของอะตอมเหล่านี้จะเกิดขึ้นทุกทิศทาง โดยแสงที่เกิดขึ้นในทิศทางใดๆที่ไม่ได้อยู่ใน แนวแกนแสง (optical axis) จะพุ่งออกนอกแควิตี (cavity) [2] ของระบบเลเซอร์ไปเลย ซึ่ง พลังงานแสงในส่วนนี้จะเป็นส่วนที่สูญเสีย (loss) ส่วนแสงที่เกิดในทิศทางเดียวกับแนวแกน แสงของกระจกเลเซอร์ จะสะท้อนกลับไปกลับมาระหว่างกระจกเลเซอร์โดยจะผ่านสารตัวกลาง เลเซอร์อีก และในระหว่างแสงกำลังสะท้อนผ่านสารตัวกลางเลเซอร์นี้ ก็จะไปกระตุ้นอะตอมอื่นๆ ให้ปลดปล่อยโฟตอนออกมาอีก ความเข้มของแสงก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆจนกระทั่งถึง สภาวะเทรชโฮล ของเลเซอร์ (laser threshold condition)[1],[3],[6] ซึ่งเกน (gain) ของระบบเลเซอร์เริ่มมีค่าสูง กว่า loss จะเกิดเป็นแสงเลเซอร์ออกมาจากแควิตีของเลเซอร์ในที่สุด จะเห็นว่าสารตัวกลางเลเซอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวขยายความเข้มของแสง คือเมื่อแสงเคลื่อนผ่านสารตัวกลางเลเซอร์โดยการสะท้อน กระจกเลเซอร์ในแต่ละรอบ แสงก็จะมีความเข้มเพิ่มขึ้นทุกครั้ง

แสงเลเซอร์ที่เกิดจากระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบนี้ จะเป็นแบบคลื่นต่อเนื่อง (con- tinuous wave) ที่มีความยาวคลื่น 10.6 ไมครอน (micron ; μm) โดยจะอยู่ในย่านอินฟรา เรด (infrared) ในสเปกตรัม (spectrum) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นคลื่นความร้อน และเป็นลำแสงที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่มีคุณสมบัติในการตัด เจาะ เชื่อม หรือ กรีดวัสดุทั่วไป ใน ลักษณะที่ไม่มีการสัมผัสกับชิ้นงานโดยตรง ทำให้ไม่เกิดการกดหรือบิดบั่นชิ้นงานโดยเฉพาะวัสดุ ที่มีความเปราะบางแตกหักง่ายและวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง รวมทั้งวัสดุที่ใช้วิธีการตัด เจาะ เชื่อม และกรีดโดยวิธีทางเชิงกลหรือวิธีอื่นแล้วเกิดความเสียหายต่อชิ้นงานได้ง่ายเช่น แผ่นแก้วบาง,แผ่น เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) ยาง ผ้า เป็นต้น

สถานะพลังงานที่เกี่ยวข้องกับ การเกิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ที่ความยาวคลื่น 10.6 μm เป็นไปตามโคอะแกรมในรูปที่ 2.1

จากรูปที่ 2.1 จะเห็นว่าเลเซอร์นั้น เกิดจากการเปลี่ยนสถานะพลังงานของ โมเลกุลคาร์บอนได ออกไซด์ระหว่างสถานะ (001) กับสถานะ (100) และระหว่างสถานะ (001) กับสถานะ (020) โดย ระหว่างสถานะ (001) กับสถานะ (100) จะเกิดเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 10.6 μm ส่วน ระหว่างสถานะ (001) กับสถานะ (020) จะเกิดเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นหลักประมาณ 9.6 μm แต่ กระบวนการเปลี่ยนสถานะพลังงาน ของโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์กลุ่มแรกคือ ระหว่างสถานะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยามให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



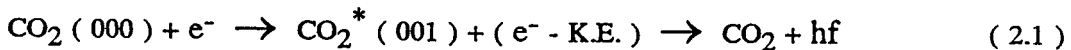
ENERGY LEVEL DIAGRAMS for molecules of nitrogen and carbon dioxide.

รูปที่ 2.1 โคออะแกรมสถานะพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการเกิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 10.6 μm

(001) กับสถานะ (100) จะเกิดมากกว่ากลุ่มหลัง โดยเลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 10.6 μm มีความเข้มสูงกว่าความยาวคลื่น 9.6 μm ดังนั้นจะกล่าวถึงเฉพาะกระบวนการที่จะทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่ความยาวคลื่น 10.6 μm เท่านั้น

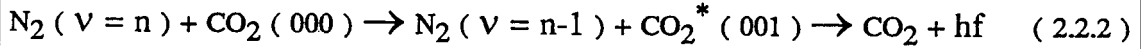
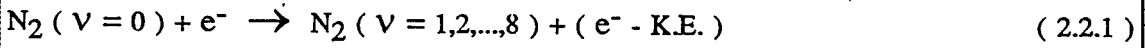
การที่โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ จะไปอยู่ที่สถานะ (001) เพื่อจะปลดปล่อยโฟตอนออกมานั้น จะเกิดจากกระบวนการต่างๆตามสมการ (2.1) ถึง (2.4.2) คือ

1.การถูกกระตุ้นจากสถานะกราวนด์ (ground state) สู่สถานะ (001) โดยการชนกับอิเล็กตรอน (electron impact)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การถ่ายเทพลังงานจากโมเลกุลของไนโตรเจนสู่โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์



3. การเปลี่ยนแปลงประจุของคาร์บอนไดออกไซด์



4. กระบวนการ three body recombination



ในขณะที่เดียวกันก็จะเกิดกระบวนการที่มีผลต่อการลดจำนวนโมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะไปอยู่ที่สถานะพลังงาน (001) ตามสมการ (2.4.1) คือ



จากที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าเมื่อมีการกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์แล้ว จะมีทั้งกระบวนการที่จะทำให้เกิดเลเซอร์คือสมการ (2.1) ถึง (2.4.2) และกระบวนการที่จะลดการเกิดเลเซอร์คือสมการ (2.4.1) อย่างไรก็ตามกระบวนการตามสมการ (2.4.1) นี้ จะไม่เป็นอุปสรรคต่อการเกิดเลเซอร์ในระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิดซึ่งมีการไหล (flow) ของแก๊ส เนื่องจากมีแก๊สใหม่ที่ยังไม่ถูกกระตุ้น ไหลเข้ามาแทนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกตัว เพราะถูกกระตุ้นตามสมการ (2.4.1) แต่ในระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด แก๊สจะถูกบรรจุไว้ในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แล้วตัดท่อแก๊สออกซึ่งไม่มีแก๊สไหลเข้าออก และเมื่อมีการกระตุ้นสารตัวกลางเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์ โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดการแตกตัว ซึ่งเป็นผลทำให้กระบวนการเลเซอร์หยุด ชงักถ้าไม่มีการใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) ในสารตัวกลางเลเซอร์ ดังนั้นในระบบคาร์บอนได ออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดจึงต้องทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกตัวแล้ว กลับมารวมตัว กันใหม่ตามสมการ (2.4.2) ให้กลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะ (001) อีก เพื่อให้กระบวนการ เลเซอร์เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

2.3 การรวมตัวของคาร์บอนไดออกไซด์ที่แตกตัวแล้ว

กระบวนการสำคัญที่เป็นตัวกลางการเกิดเลเซอร์ในระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอด ปิดก็คือ การที่คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) แตกตัวออกเป็นคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) กับ ออกซิเจน (O) ตามสมการ (2.4.1) แต่ในขณะที่เดียวกันก็จะมีคาร์บอนมอนอกไซด์และออกซิ เจนบางส่วน พยายามที่จะรวมตัวกันเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ตามสมการ (2.4.2) ด้วย อย่างไรก็ตาม กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นเองได้ช้ากว่ากระบวนการแตกตัวของคาร์บอน ไดออกไซด์ตามสมการ (2.4.1) ซึ่งจะเป็นผลทำให้กระบวนการเลเซอร์หยุดชงักดังกล่าว ดังนั้นจึงต้องหาวิธีการที่จะทำ ให้กระบวนการตามสมการ (2.4.2) เกิดขึ้นได้ในอัตราที่เร็วกว่าปกติ นั่นคือจะต้องใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) เพื่อช่วยเร่งให้อัตราการรวมตัวของคาร์บอน ไดออกไซด์เกิดขึ้นเร็วกว่าอัตราการแตก ตัวกระบวนการเลเซอร์จึงจะเกิดขึ้นได้อย่างต่อเนื่อง

จากสมการ (2.4.1) หลังจากคาร์บอนไดออกไซด์แตกตัวเป็น คาร์บอนมอนอกไซด์กับออกซิ เจนแล้ว ออกซิเจนที่เกิดขึ้นจะถูกผนังของหลอดเลเซอร์ ซึ่งมักจะทำด้วยแก้วควอตซ์ (quartz) ครอบเอาไว้ ดังนั้นการจะกลับไปรวมตัวกับคาร์บอนมอนอกไซด์อีกจึงเป็นไปได้ยาก จากที่กล่าวมา แล้วจะเห็นได้ว่า โมเลกุลของคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะทำให้เกิดแสงเลเซอร์นั้น มีจำนวนลดลงไป มากซึ่งเป็นผลทำให้เกน (gain) ของระบบลดลง จนกระทั่งมีค่าต่ำกว่าการสูญเสีย (loss) ที่เกิด ขึ้นภายในแอคทีฟมีเดียเองอันเป็นผลทำให้ปฏิกิริยาเลเซอร์ (laser action) หยุดชงักและแสงเล เซอร์จะหายไปนั่นเอง ดังนั้นถ้ามีการเพิ่มจำนวนโมเลกุลของออกซิเจนในบริเวณที่เป็นแอคทีฟมี เจน ก็จะเป็นการเพิ่มโอกาสและจำนวนของออกซิเจน ที่จะไปรวมตัวกับคาร์บอนมอนอกไซด์ แล้วกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์และปล่อยแสงเลเซอร์ออกมาอีก นั่นคือจะเกิดปฏิกิริยาเลเซอร์ อย่างต่อเนื่อง และเกิดแสงเลเซอร์ตลอดเวลา

บทที่ 3

การออกแบบระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

3.1 ความแตกต่างระหว่างระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดกับแบบหลอดเปิด

โครงสร้างและส่วนประกอบของ ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ที่ใช้สนามไฟฟ้ากระตุ้นในแนวตามยาว (longitudinal exciting) แสดงในรูปที่ 3.1 ซึ่งส่วนประกอบต่างๆ แบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ

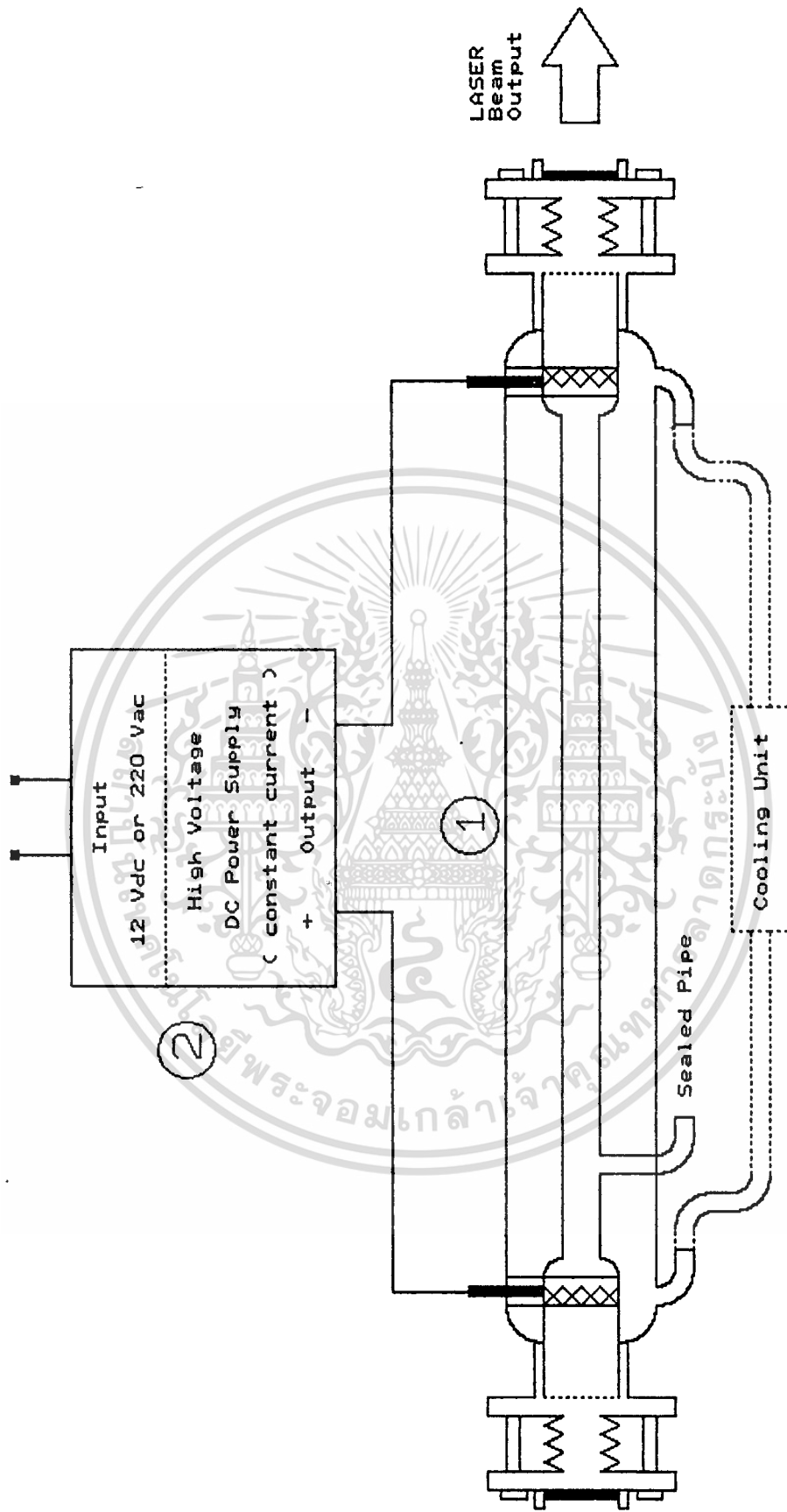
1. หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แบบหลอดปิด (sealed tube)
2. ระบบสร้างสนามไฟฟ้าแรงสูง

สำหรับโครงสร้างและส่วนประกอบของ ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด ที่ใช้สนามไฟฟ้ากระตุ้นในแนวตามยาว (longitudinal exciting) แสดงในรูปที่ 3.2 ซึ่งมีส่วนประกอบต่างๆแบ่งเป็น 6 ส่วนคือ

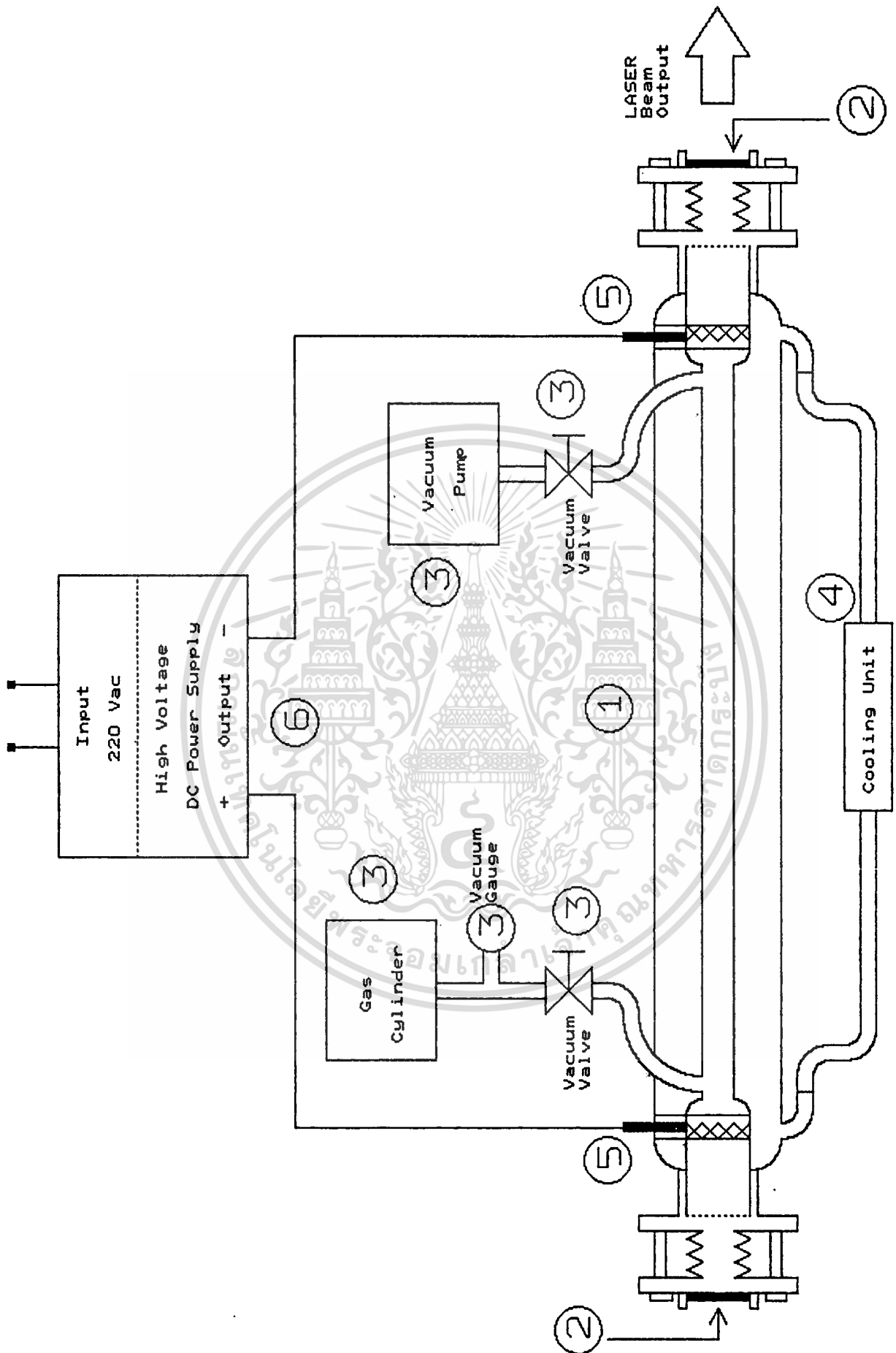
1. หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ (laser tube) ซึ่งเป็นแบบหลอดเปิดโดยมีลักษณะเป็นหลอดแก้วทรงกระบอกยาว ที่มีท่อสำหรับให้สารตัวกลางเลเซอร์ซึ่งในที่นี้ก็คือ แก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2), ไนโตรเจน (N_2) และฮีเลียม (He) ไหลผ่านเข้าออกในขณะที่เลเซอร์กำลังทำงาน
2. กระจกเลเซอร์ โดยทั่วไปจะประกอบด้วยกระจกเลเซอร์ด้านหลังและกระจกเลเซอร์ด้านหน้า ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ และระหว่าง 65 ถึง 95 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ โดยกระจกเลเซอร์ด้านหน้าซึ่งเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนน้อยกว่า จะเป็นด้านที่ปล่อยแสงเลเซอร์ออกมา ส่วนอีกด้านหนึ่งก็อาจจะมีแสงเลเซอร์ออกมาได้บ้าง ถ้าหากไม่ได้ใช้กระจกเลเซอร์ที่มีการสะท้อนกลับทั้งหมด ซึ่งจะสังเกตได้คืออีกหน้าหนึ่งของกระจกเลเซอร์จะมีลักษณะทึบแสง
3. ระบบสำหรับจ่ายและหมุนเวียนแก๊ส ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบด้วยถังแก๊ส 3 ถัง สำหรับแก๊สแต่ละชนิด , วาล์วสำหรับงานสุญญากาศ (vacuum valve) ซึ่งใช้สำหรับปิดเปิดและปรับความดัน , ปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) และเกจ (guage) สำหรับใช้วัดความดันในระบบเลเซอร์
4. ระบบระบายความร้อน (cooling system) โดยทั่วไปใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำหล่อเย็น (cooling water)
5. อิเล็กโทรด (electrode) เป็นขั้วโลหะสำหรับป้อนสนามไฟฟ้าทำจากทังสเตน (tungsten)

เอกสารนี้และต่อเชื่อมเข้ากับวงแหวนอะลูมิเนียม (aluminum ring) ซึ่งอยู่ภายในหลอดกำเนิดแสงเล

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด



รูปที่ 3.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดทั้งนี้ ผู้จัดทำหวังมิให้คัดลอกไปเผยแพร่ และต้องอ้างถึงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์บริเวณที่เป็นแอคทีฟริเจียน (active region) เพื่อให้สัมผัสกับสารตัวกลางเลเซอร์

6. ระบบสร้างสนามไฟฟ้าแรงสูง โดยทั่วไปจะอาศัยกำลังงานจาก แหล่งจ่ายไฟ 220 หรือ 380 โวลต์ในการสร้างสนามไฟฟ้าแรงสูง

ตารางที่ 3.1 สรุปข้อแตกต่างระหว่างระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดกับระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด

ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด	ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด
1. ไม่ต้องมีระบบหมุนเวียนแก๊สที่เป็นสารตัวกลางเลเซอร์	1. มีระบบหมุนเวียนแก๊สได้แก่ ถังบรรจุแก๊ส วาล์ว เกจวัดความดัน บีมสูญญากาศ
2. ระบบมีขนาดเล็ก ไม่ยุ่งยากซับซ้อน น้ำหนักเบา	2. ระบบมีขนาดใหญ่ ยุ่งยากซับซ้อน น้ำหนักมาก
3. ขณะที่ระบบทำงานแทบจะไม่มีเสียงรบกวนเลย	3. ขณะที่ระบบทำงานจะมีเสียงรบกวนจากบีมสูญญากาศ
4. ในการเคลื่อนย้ายระบบจะไม่ทำให้กระจกเลเซอร์เคลื่อนไปจากแนวเดิม	4. ในการเคลื่อนย้ายระบบแต่ครั้งมักจะทำให้กระจกเลเซอร์เคลื่อนไปจากแนวเดิม ซึ่งต้องทำการปรับกระจกใหม่เสมอ
5. การซีล (seal) ต้องดีมากเพื่อป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกซึมเข้าและแก๊สที่อยู่ภายในรั่วออกมาได้	5. สามารถใช้การซีลธรรมดาได้ เนื่องจากใช้บีมสูญญากาศอยู่แล้ว และมีการจ่ายแก๊สให้กับระบบตลอดเวลา
6. ราคาต่อกำลังวัตต์ของเลเซอร์ถูกกว่า	6. ราคาต่อกำลังวัตต์ของเลเซอร์สูง
7. ให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จได้ปานกลาง	7. ให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จได้สูง
8. ต้องใช้ตัวแคทตะลิสเพื่อให้เลเซอร์เกิดอย่างต่อเนื่อง	8. ไม่ต้องใช้ตัวแคทตะลิส เนื่องจากมีการป้อนแก๊สใหม่เข้าไปแทนแก๊สที่แตกตัวแล้ว

จากการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสีย ระหว่างระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ทั้งสองแบบ จะพบว่า ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดมีข้อดี และความเหมาะสมในการใช้งานมากกว่าระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด แต่ยังมีจุดด้อยในเรื่องของค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ เมื่อเทียบกับระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จึงได้มีการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อ ระยะคิสซาร์จ กับพารามิเตอร์ (parameter) ต่างๆ 5 ตัว (ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อวัตถุประสงค์ ของการทำวิทยานิพนธ์) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างและพัฒนาระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ แบบหลอดปิดที่มีกำลังและประสิทธิภาพสูง เพื่อนำมาประยุกต์ใช้งานแทนระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิดต่อไป

3.2 การออกแบบส่วนประกอบต่างๆของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

โครงสร้างของหลอดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. แอคทีฟรีเจียน (active region)

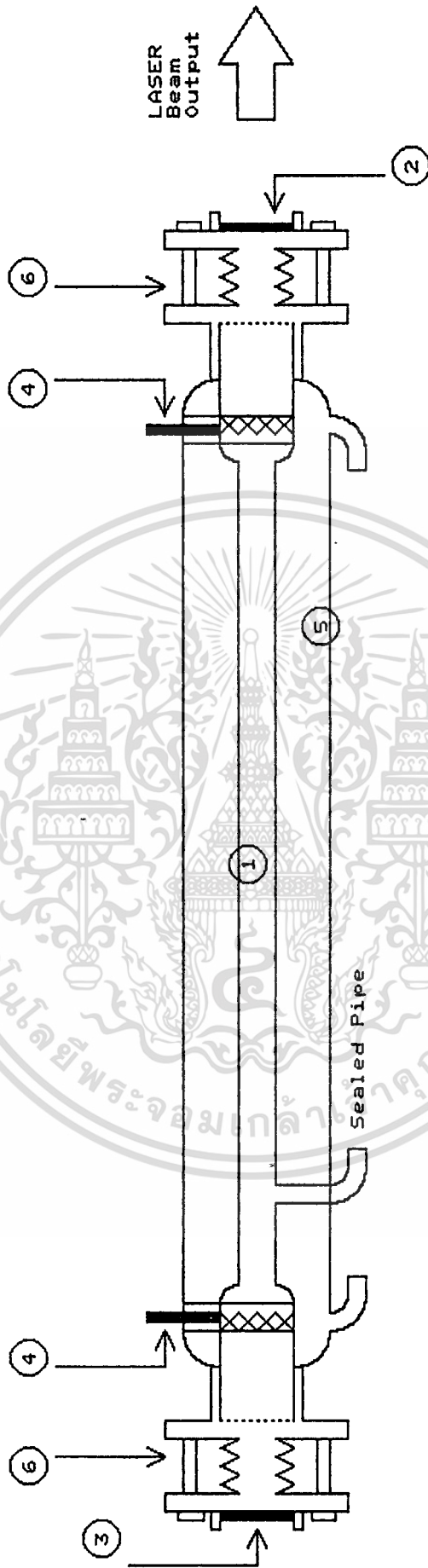
บริเวณที่เป็นแอคทีฟรีเจียนคือ บริเวณที่เกิดปฏิกิริยาเลเซอร์ซึ่งเป็นการ ขยายความเข้มของ แสงโดยในที่นี้คือ บริเวณตำแหน่งหมายเลข 1 ในรูปที่ 3.3 ซึ่งเป็นหลอดแก้วทรงกระบอกยาวและ แสงเลเซอร์ที่เกิดขึ้นก็จะเป็นลำแสงกลมที่มีภาพตัดขวางเป็นดังรูปที่ 3.4 ซึ่งเกิดขึ้นบนชิ้นงานเมื่อ ลำแสงเลเซอร์ตกกระทบ โดยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของแอคทีฟรีเจียนของหลอดเลเซอร์ที่ สร้างขึ้นนี้จะใช้ขนาด 8 , 10 และ 12 มิลลิเมตรตามลำดับ ซึ่งมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของหลอด เลเซอร์แบบหลอดปิด ที่มีการผลิตในต่างประเทศซึ่งใช้ขนาดประมาณ 6 ถึง 8 มิลลิเมตร เพราะว่า ถ้าใช้หลอดแก้วที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายในเล็กกว่า 8 มิลลิเมตรแล้วจะ alignment ได้ยาก เนื่อง จากแสงเลเซอร์ฮีเลียม-นีออนที่ใช้ในการ alignment มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำแสงประมาณ 6 มิลลิเมตร ทำให้แสงกระทบผนังด้านข้างภายในหลอดและเกิดการกระเจิงของแสงมาก ซึ่งการ alignment ที่ดีนั้น ลำแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการ alignment จะสะท้อนระหว่างกระจกเลเซอร์ด้าน หน้าและด้านหลัง โดยไม่กระทบผนังด้านข้างภายในหลอดหรือเกิดการกระเจิงของแสงน้อยมาก

2. กระจกเลเซอร์ด้านหน้า (front laser mirror)

ในทางปฏิบัติแล้วโครงสร้างของแควิตี (cavity) ในระบบเลเซอร์ต่างๆไป จะประกอบไป ด้วยกระจกเลเซอร์จำนวน 2 ชั้น โดยชั้นหนึ่งจะเป็นแบบแบนเรียบทั้งสองหน้า ส่วนอีกชั้นหนึ่ง จะเป็นแบบโค้ง ซึ่งมีรัศมีความโค้งที่ยาวประมาณ 3-6 เท่า ของระยะห่างระหว่างกระจกเลเซอร์ ทั้ง สองชั้น โดยทั่วไปมักจะใช้กระจกเลเซอร์ด้านหน้าเป็นแบบแบนเรียบทั้งสองหน้า และกระจกเล เซอร์ด้านหลังมีรัศมีความโค้ง ที่ยาวมากกว่าระยะห่างระหว่างกระจกเลเซอร์ทั้งสองชั้นประมาณ 5 เท่า เพราะว่าเป็นโครงสร้างของแควิตีที่มีเสถียรภาพที่ดีในทางปฏิบัติ และการที่ให้กระจกเลเซอร์ ด้านหลังเป็นแบบโค้ง จะทำให้ได้แสงเลเซอร์ที่มีความเข้ม (intensity) หรือความหนาแน่นกำลัง (power density) สูงซึ่งสามารถตัดวัสดุได้ดีกว่าระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ ที่มีกำลังเท่า กัน แต่มีความหนาแน่นกำลังต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 โครงสร้างของหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แบบหลอดปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

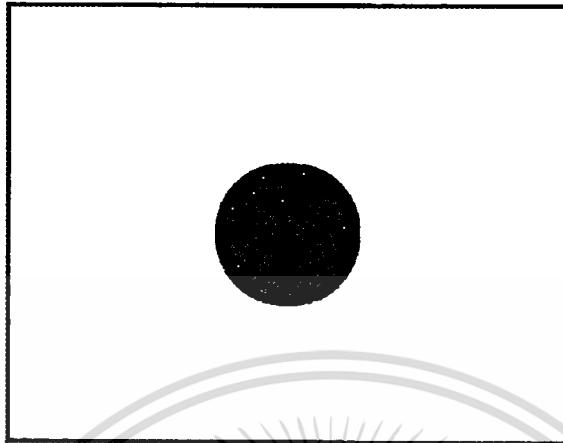
หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้กระจกเลเซอร์ด้านหน้านั้น จะต้องพิจารณาว่ากระจกเลเซอร์ที่จะใช้กับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ ที่ให้ความยาวคลื่น $10.6 \mu\text{m}$ นั้น จะต้องมีความสัมพันธ์การดูดกลืนแสงเลเซอร์ที่ความยาวคลื่นนี้ต่ำมาก และสัมพันธ์ของการขยายตัวต่ำเช่นกัน มิฉะนั้นจะทำให้ระนาบของกระจกเลเซอร์บริเวณที่ลำของแสงเลเซอร์ผ่าน เปลี่ยนไปเนื่องจากความร้อนของลำแสงเลเซอร์ ซึ่งจะส่งผลทำให้เสถียรภาพของเลเซอร์ด้อยลง

สำหรับกระจกเลเซอร์ด้านหน้า ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้เป็นชนิด ZnSe แบบแบนเรียบทั้งสองหน้า คือบริเวณตำแหน่ง 2 ในรูปที่ 3.3 ซึ่งในการเลือกค่าเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนแสงเลเซอร์ของกระจกเลเซอร์ด้านหน้า จะพิจารณาได้จากผลการทดลองของ Tyte ดังกราฟซึ่งแสดงในรูปที่ 3.5 โดยเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนของกระจกเลเซอร์ด้านหน้า จะขึ้นกับค่าระยะห่างของกระจกเลเซอร์ทั้งสองต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟฟรีเจียน ซึ่งค่าที่ได้จากกราฟของ Tyte นี้จะเป็นค่าโดยประมาณที่ได้จากการทดลอง

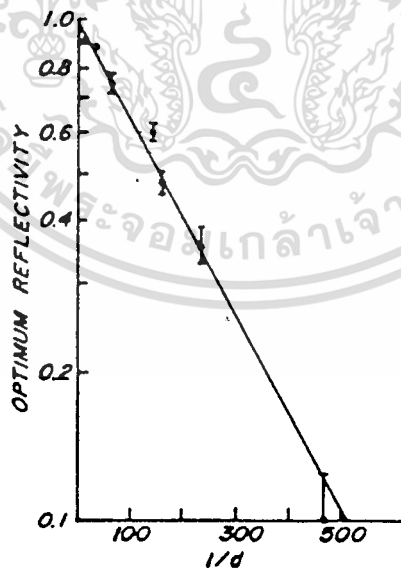
3. กระจกเลเซอร์ด้านหลัง (back laser mirror)

หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้กระจกเลเซอร์ด้านหลัง จะใช้กระจกโค้งที่มีรัศมีมีความโค้งยาวประมาณ 3-6 ของระยะห่างระหว่างกระจกเลเซอร์ทั้งสอง ซึ่งจะทำได้แสงเลเซอร์ที่มีความหนาแน่นกำลังสูงตามที่ได้กล่าวมาแล้ว และจะใช้กระจกเลเซอร์ที่มีเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนแสงเลเซอร์ 100 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้แสงเลเซอร์ออกจากแควิตี (cavity) เพียงด้านเดียวเท่านั้น ซึ่งจะมีผลคือไม่ต้องคอยระวังอันตรายจากแสงเลเซอร์ ที่พุ่งออกมาทางกระจกเลเซอร์ด้านหลัง โดยผู้ปฏิบัติงานอาจจะพลั้งเผลอจนทำให้เกิดเพลิงไหม้ หรือเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานเอง

สำหรับกระจกเลเซอร์ด้านหลังที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้ คือบริเวณตำแหน่ง 3 ในรูปที่ 3.3 โดยเป็นชนิด Si ที่เคลือบผิวสะท้อนด้วยทองคำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการสะท้อนแสงเลเซอร์ ที่ความยาวคลื่น $10.6 \mu\text{m}$ สูงกว่าโลหะชนิดอื่นๆ มีรัศมีความโค้ง 5 เมตร ภาพของกระจกเลเซอร์ด้านหน้าและด้านหลังแสดงไว้ในรูปที่ 3.6

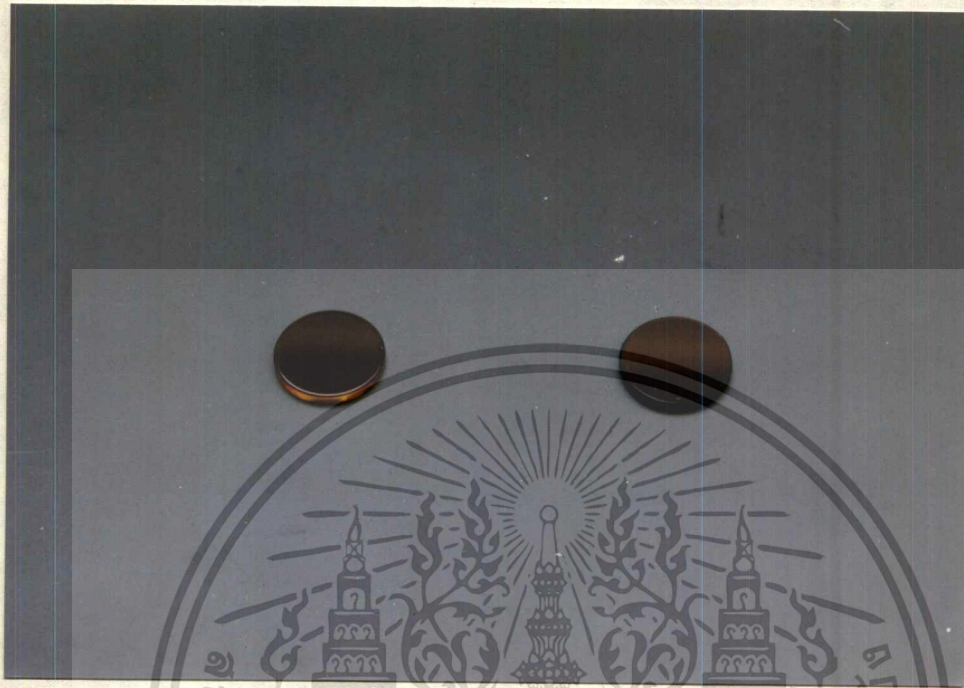


รูปที่ 3.4 ลักษณะภาพตัดขวางของลำแสงเลเซอร์ (ใหญ่กว่าขนาดจริง)



รูปที่ 3.5 กราฟของ Tyte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 ภาพกระจกเลเซอร์ด้านหน้าและด้านหลัง

4. อิเล็กโทรด (electrode)

เป็นขั้วไฟฟ้าสำหรับป้อนสนามไฟฟ้าแรงสูง ที่ใช้ในการกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขั้วและอยู่ห่างกัน 45 เซนติเมตร อิเล็กโทรดแต่ละขั้วจะมีส่วนประกอบสองชั้นคือ แท่งทังสเตน (tungsten) และวงแหวนอะลูมิเนียม (aluminum ring) ซึ่งสามารถกระจายความร้อนได้ดี มีเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 14 มิลลิเมตร โดยเส้นผ่าศูนย์กลางจะใหญ่กว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของบริเวณที่เป็นแอคทีฟริเจียน เพื่อไม่ให้บังแนวแสงเพราะวงแหวนอะลูมิเนียม จะใส่ไว้ภายในบริเวณแอคทีฟริเจียน ซึ่งเป็นบริเวณที่แสงสะท้อนกลับไปกลับมาผ่านสารตัวกลางเลเซอร์ ส่วนแท่งทังสเตนจะเป็นทางผ่านของกระแสไฟฟ้า จากภายนอกตัวหลอดเลเซอร์ไปถึงวงแหวนอะลูมิเนียม ซึ่งจะผ่านหลอดแก้วชั้นนอกที่เป็นส่วนระบายความร้อนดังรูปที่ 3.3 บริเวณตำแหน่ง 4 สำหรับภาพของอิเล็กโทรด แสดงไว้ในรูปที่ 3.7

5. ชั้นหลอดแก้วหุ้มสำหรับระบายความร้อน (cooling jacket)

มีลักษณะเป็นหลอดแก้วทรงกระบอกยาว หุ้มหลอดแก้วชั้นที่เป็นแอคทีฟริเจียนเอาไว้ตลอด

ความยาว เพื่อระบายความร้อนที่เกิดขึ้นในสารตัวกลางเลเซอร์และอิเล็กโทรด โดยเฉพาะที่อิเล็กโทรดจะมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงต้องออกแบบ cooling jacket ให้หุ้มบริเวณอิเล็กโทรดทั้งสองขั้ว เพื่อป้องกันไม่ให้หลอดแก้วบริเวณนี้แตกร้าว อันเนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การขยายตัวที่ไม่เท่ากันของอะลูมิเนียมกับหลอดแก้ว

cooling jacket ในที่นี้คือบริเวณตำแหน่ง 5 ในรูปที่ 3.3 เป็นหลอดแก้วชั้นนอกสำหรับให้ตัวระบายความร้อนซึ่งในที่นี้ใช้น้ำหล่อเย็นไหลผ่านเข้าไปจนเต็มรอบๆหลอดแก้วชั้นที่เป็นแอคแอคทีฟที่ฟรีเจียน เพื่อระบายความร้อนให้กับหลอดเลเซอร์ ซึ่งจะมีผลทำให้ระบบเลเซอร์มีเสถียรภาพในการทำงานดี

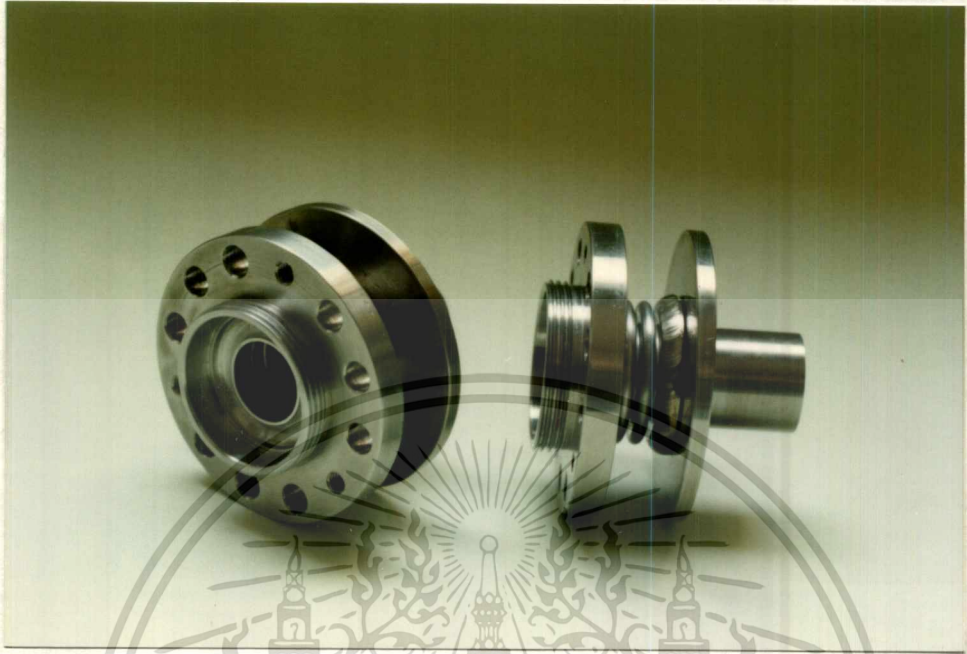
6. ตัวยึดกระจกเลเซอร์

เนื่องจากกระจกเลเซอร์ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ต้องปรับให้ระนาบขนานกันเพราะจะเป็นการป้อนกลับทางแสง (optical feedback) ให้แสงที่เกิดขึ้นภายในแควิตีสะท้อนกลับไปกลับมาเพื่อกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ให้ปล่อยแสงเลเซอร์ออกมา โดยตัวยึดกระจกเลเซอร์จะต้องสามารถปรับระนาบของกระจกเลเซอร์ได้ด้วย โดยตัวปรับระนาบกระจกเลเซอร์คือ บริเวณตำแหน่ง 6 ในรูปที่ 3.3 ส่วนภาพของตัวยึดกระจกเลเซอร์ แสดงในรูปที่ 3.8 สำหรับวิธีการปรับระนาบของกระจกเลเซอร์ทั้งสองให้ขนานกันนั้นจะได้อธิบายในภายหลัง



รูปที่ 3.7 ภาพของอิเล็กโทรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ภาพของตัวยึดกระบอกเลเซอร์



เอกสารรูปที่ 3.9 ภาพของตัวยึดกระบอกเลเซอร์ที่ประกอบเข้ากับหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ซึ่งประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การออกแบบแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแบบกระแสคงที่สำหรับระบบเลเซอร์

ในการกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์ที่มีสถานะแก๊สโดยใช้การคายประจุ (discharge) ด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงนั้น ถ้าแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงเป็นแบบกระแสคงที่ จะทำให้การคายประจุมีประสิทธิภาพดี อันจะทำให้ลำแสงเลเซอร์มีประสิทธิภาพดีด้วย ดังนั้นวงจรจ่ายกำลังงานสำหรับระบบเลเซอร์ที่ใช้สนามไฟฟ้ากระตุ้นในแนวตามยาว (longitudinal excited) นี้ จึงออกแบบให้จ่ายกระแสคงที่ได้ด้วย ซึ่งวงจรจ่ายไฟฟ้าแรงดันสูงแบบกระแสคงที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.10 โดยมีคุณสมบัติต่างๆดังนี้คือ

1. แรงดัน start 28000 V_{DC}
2. แรงดันทำงาน(operating voltage) 14000 V_{DC}
3. สามารถตั้งค่ากระแสให้คงที่ได้สูงสุด 60 mA

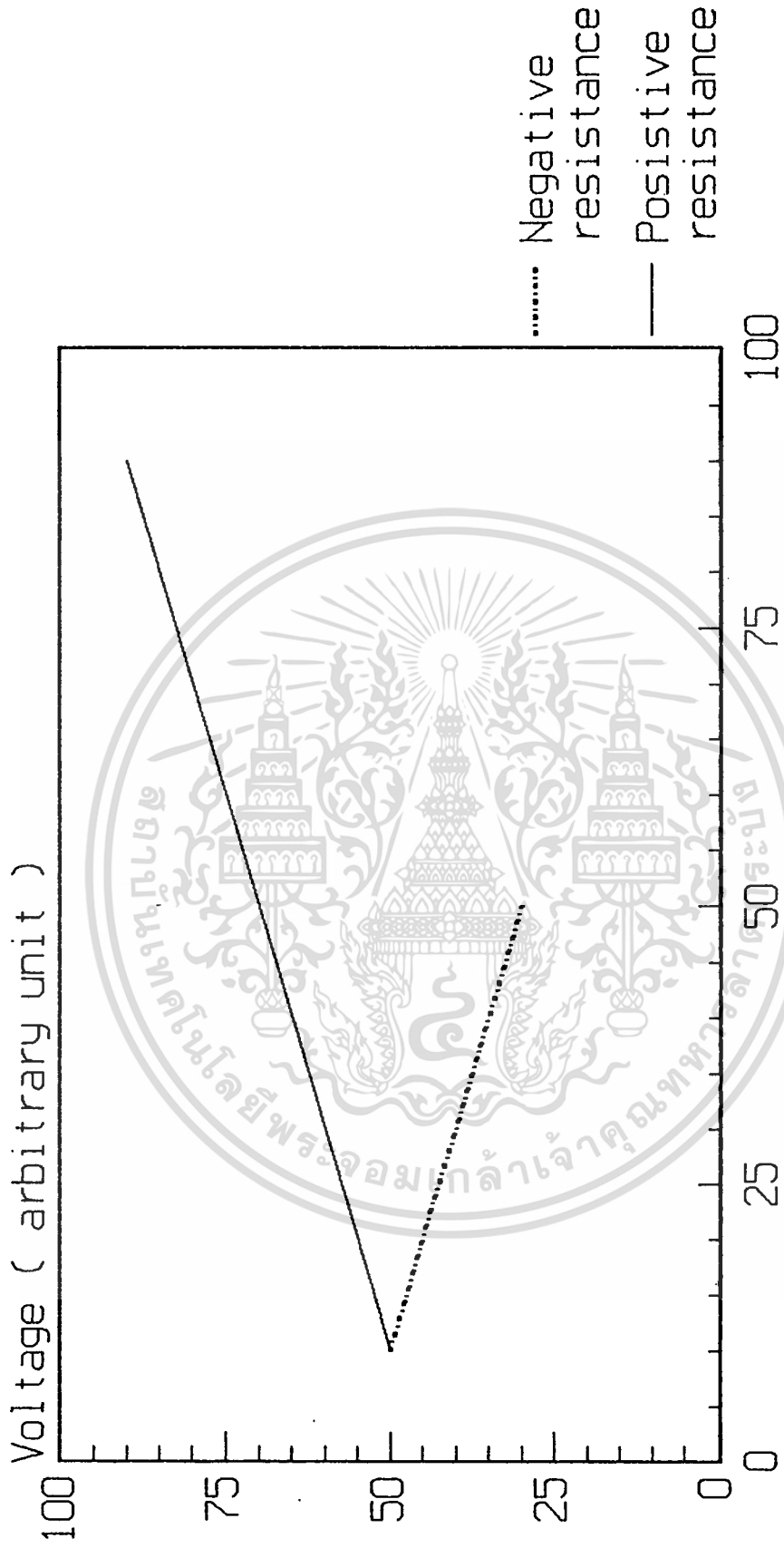
หลักการงานของวงจรในรูปที่ 3.10 คือ เมื่อป้อนไฟ 220 โวลต์ให้ หม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันสูง T₁ ทางด้านไพรมารี (primary) จะเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 5000 โวลต์ ที่ด้านเซคันดารี (secondary) ของหม้อแปลง หลังจากผ่านไดโอด D₁ - D₂ และแคปาซิเตอร์ C₁ - C₂ แล้วจะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงระหว่างจุด A-G เป็น $2\sqrt{2} \times 5000$ โวลต์ หรือประมาณ 14000 โวลต์ โดยไดโอด D₁ - D₂ และแคปาซิเตอร์ C₁ - C₂ จะทำหน้าที่เรียงกระแส และที่แรงดันเป็นสองเท่า จากนั้นเมื่อผ่านไดโอด D₃ - D₄ และ C₃ - C₄ แรงดันระหว่างจุด B-G ก็จะเป็น 28000 โวลต์ สำหรับหม้อแปลง T₂ จะเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าแรงดันต่ำ โดยแปลงแรงดัน 220 โวลต์ ให้เป็น 15 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับส่วนควบคุมกระแสคงที่ โดยเมื่อผ่านบริดจ์ไดโอด BD₁ และแคปาซิเตอร์ C₅ แล้ว จะได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ 20 โวลต์ ก่อนที่จะเข้าสู่ IC₁ , R₁- R₂ , C₆ ซึ่งทำหน้าที่รักษาแรงดันให้คงที่ 15 โวลต์ สำหรับ D₅-D₆ ทำหน้าที่ ป้องกันแรงดันย้อนกลับให้กับ IC₁ , ทรานซิสเตอร์ TR₁ กับ VR₁ ทำหน้าที่ควบคุมกระแสให้คงที่ โดยอาศัยหลักที่ว่าแรงดัน V_{BE} ของทรานซิสเตอร์ TR₁ บวกกับแรงดันที่ตกคร่อม VR₁ มีค่าเท่ากับแรงดันระหว่างจุด C-G ซึ่งมีค่าคงที่เสมอ และเมื่อแรงดัน V_{BE} ของทรานซิสเตอร์มีค่าคงที่ ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อม VR₁ ก็จะมีค่าคงที่ด้วย ซึ่งตามกฎของโอห์ม (ohm's law) แล้ว กระแสที่ไหลผ่าน VR₁ ก็จะมีค่าคงที่ด้วย (เมื่อปรับ VR₁ ไว้ที่ตำแหน่งหนึ่ง กระแสก็จะมีค่าคงที่ค่าหนึ่งเช่นกัน) และถ้าใช้ทรานซิสเตอร์ TR₁ ที่มีอัตราการขยายกระแสสูงก็จะประมาณได้ว่า กระแสที่ไหลผ่านหลอดเลเซอร์มีค่าเท่ากับกระแสที่ไหลผ่าน VR₁ และก็มีค่าคงที่เช่นเดียวกัน ส่วน R₃ และ C₇ ทำงานร่วมกันเป็นวงจร snubber ซึ่งทำหน้าที่ลดแรงดันทรานเซียนท์ (transient) ที่จะเป็นอันตรายต่อทรานซิสเตอร์ TR₁ สำหรับ R₄ นั้นเรียกว่า ballast resistor ซึ่งจะเป็นตัวจำกัดกระแสในตอนที่เกิดเริ่มเกิดการ

คิซซาร์จ เนื่องมาจากคุณลักษณะของระบบแก๊สคิซซาร์จจะมีคุณสมบัติทางความต้านทาน เป็นทั้งเชิงบวกและเชิงลบ (positive and negative resistance) ดังกราฟในรูปที่ 3.11 เมื่อแก๊สซึ่งอยู่ในหลอดเลเซอร์ ได้รับแรงดันสูงในตอนเริ่มต้นเพื่อให้แก๊สเกิดการคิซซาร์จกระแสจะไหลมาก เนื่องจากในสภาวะธรรมดา แก๊สจะมีคุณสมบัติทางความต้านทานเป็นเชิงบวก แต่หลังจากแก๊สเกิดการคิซซาร์จแล้ว คุณสมบัติทางความต้านทานจะเปลี่ยนเป็นเชิงลบ นั่นคือเมื่อกระแสไหลน้อยลง แรงดันที่ตกคร่อมหลอดเลเซอร์ก็จะสูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Positive & Negative resistance characteristic of gas discharge system



Current (arbitrary unit)

รูปที่ 3.11 กราฟแสดงคุณลักษณะของ negative และ positive resistance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงแบบกระแสกึ่งที่ สำหรับคาร์บอนไดออกไซด์ เลเซอร์แบบหลอดปิด

บทที่ 4

การสร้างหลอดกำเนิดคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด

4.1 การสร้างหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์

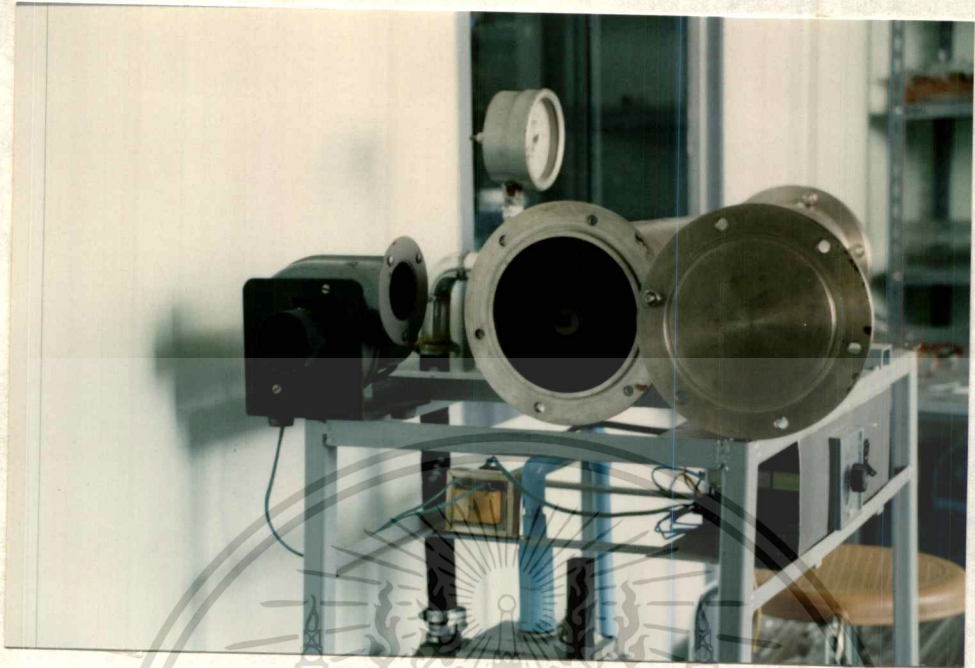
ขั้นตอนในการสร้างหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ นอกจากจะมีการเลือกหลอดแก้วและกาวพิเศษสำหรับใช้ในงานสุญญากาศ พร้อมด้วยส่วนประกอบอื่นๆดังได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ไปแล้วนั้น ยังจะต้องทำความสะอาดวัสดุชิ้นงานทุกชิ้น โดยเฉพาะหลอดแก้วจะต้องทำความสะอาดเป็นพิเศษเพราะหลังจากบรรจุแก๊สแล้ว ภายในหลอดแก้วจะมีความดันต่ำ ซึ่งสิ่งเจือปนต่างๆที่อยู่ในเนื้อแก้วจะถูกปล่อยออกมาอันจะทำให้อิมพีแดนซ์ของการคิซซาร์จ (discharge impedance) เปลี่ยนไป และจะมีผลต่อเสถียรภาพของการคิซซาร์จ การทำความสะอาดหลอดแก้วนั้น จะล้างหลอดแก้วด้วยน้ำอุ่นทั้งภายนอกและภายใน เพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดมากับหลอดแก้ว เมื่อเสร็จแล้วจึงทำให้แห้ง จากนั้นจะนำหลอดแก้วไปเป่าขึ้นรูป เป็นหลอดกำเนิดแสงคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดตามที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อได้หลอดเลเซอร์แล้วจะต้องทำความสะอาดคราบและเขม่าควัน ที่เกิดในระหว่างการเป่าหลอด โดยการใช้แปรงขัดก่อนจะล้างด้วยน้ำอุ่น เสร็จแล้วจึงนำไปเข้าเครื่องทำความสะอาดด้วยอัลตราโซนิค (ultrasonic) จากนั้นจึงจะนำหลอดเลเซอร์ไปอบในเตาอบความร้อนในระบบสุญญากาศที่อุณหภูมิสูงประมาณ 300°C ภายใต้ความดันประมาณ 10^{-3} มิลลิบาร์ (mbar) เป็นเวลาประมาณ 48 ชั่วโมง เมื่อหลอดเลเซอร์คายความร้อนแล้ว จึงนำออกจากเตาอบความร้อนระบบสุญญากาศเพื่อนำไปติดกระจกเลเซอร์ต่อไป การทำตามกระบวนการต่างๆที่ได้กล่าวมาแล้ว จะเป็นผลดีต่อเสถียรภาพของการคิซซาร์จ และช่วยยืดอายุการใช้งาน (shelf life) อีกด้วย สำหรับภาพของเตาอบความร้อนระบบสุญญากาศแสดงไว้ในรูปที่ 4.1

4.2 การยึดกระจกเลเซอร์

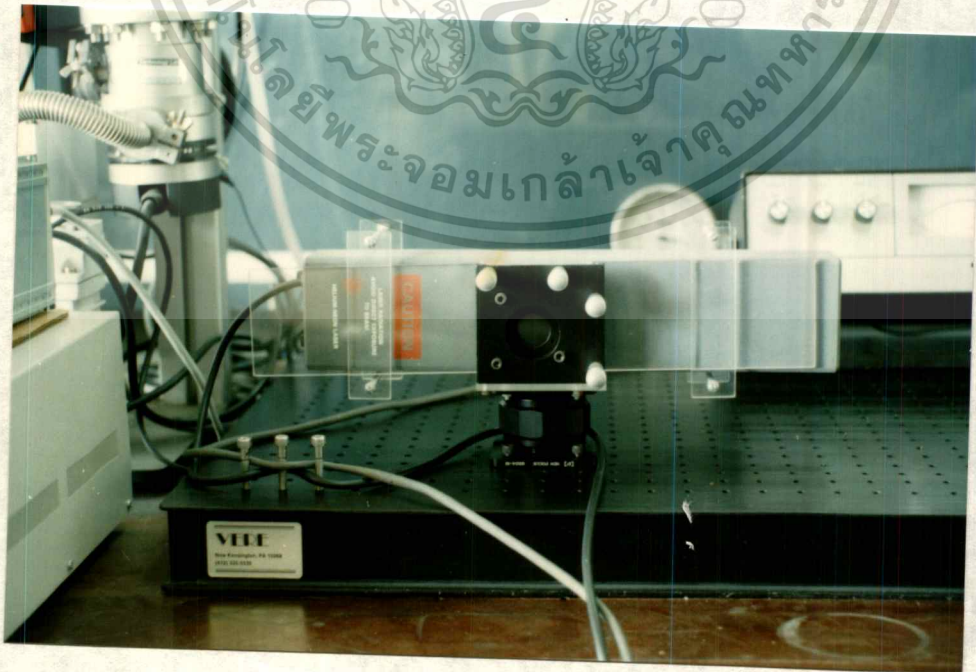
หลังจากหลอดเลเซอร์ผ่านการทำความสะอาด และอบความร้อนภายใต้สภาวะสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปเป็นการยึดกระจกเลเซอร์เข้ากับตัวหลอดเลเซอร์ โดยจะนำหลอดเลเซอร์ไปยึดไว้บนแท่นมาตรฐานสำหรับยึดอุปกรณ์การทดลองที่เตรียมไว้แล้ว จากนั้นจะทำการยึดตัวยึดกระจกเลเซอร์ซึ่งทำหน้าที่ยึดและปรับระนาบกระจกเลเซอร์ด้วย ให้เข้ากับหลอดเลเซอร์ที่ปลายทั้งสองด้าน โดยใช้กาวพิเศษสำหรับงานสุญญากาศโดยเฉพาะ เสร็จแล้วจึงนำกระจกเลเซอร์ทั้งสองชิ้นประกบเข้ากับตัวยึดกระจกเลเซอร์แต่ละข้าง ก่อนที่จะใช้กาวพิเศษติดบริเวณขอบของกระจกเลเซอร์ตามแนวเส้นรอบวง หลังจากนั้นทิ้งไว้ประมาณ 7 ชั่วโมง เพื่อรอให้กาวแห้งและปรับสภาพ จึงจะสามารถนำไปใช้งานได้ สำหรับภาพของแท่นมาตรฐานสำหรับยึดอุปกรณ์เลเซอร์ และภาพของกาวพิเศษสำหรับงานสุญญากาศได้แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารทิสงานวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 เตาอบสูญญากาศสำหรับอบหลอดเลเซอร์



รูปที่ 4.2 แท่นมาตรฐานสำหรับยึดหลอดเลเซอร์และอุปกรณ์อื่นๆ นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



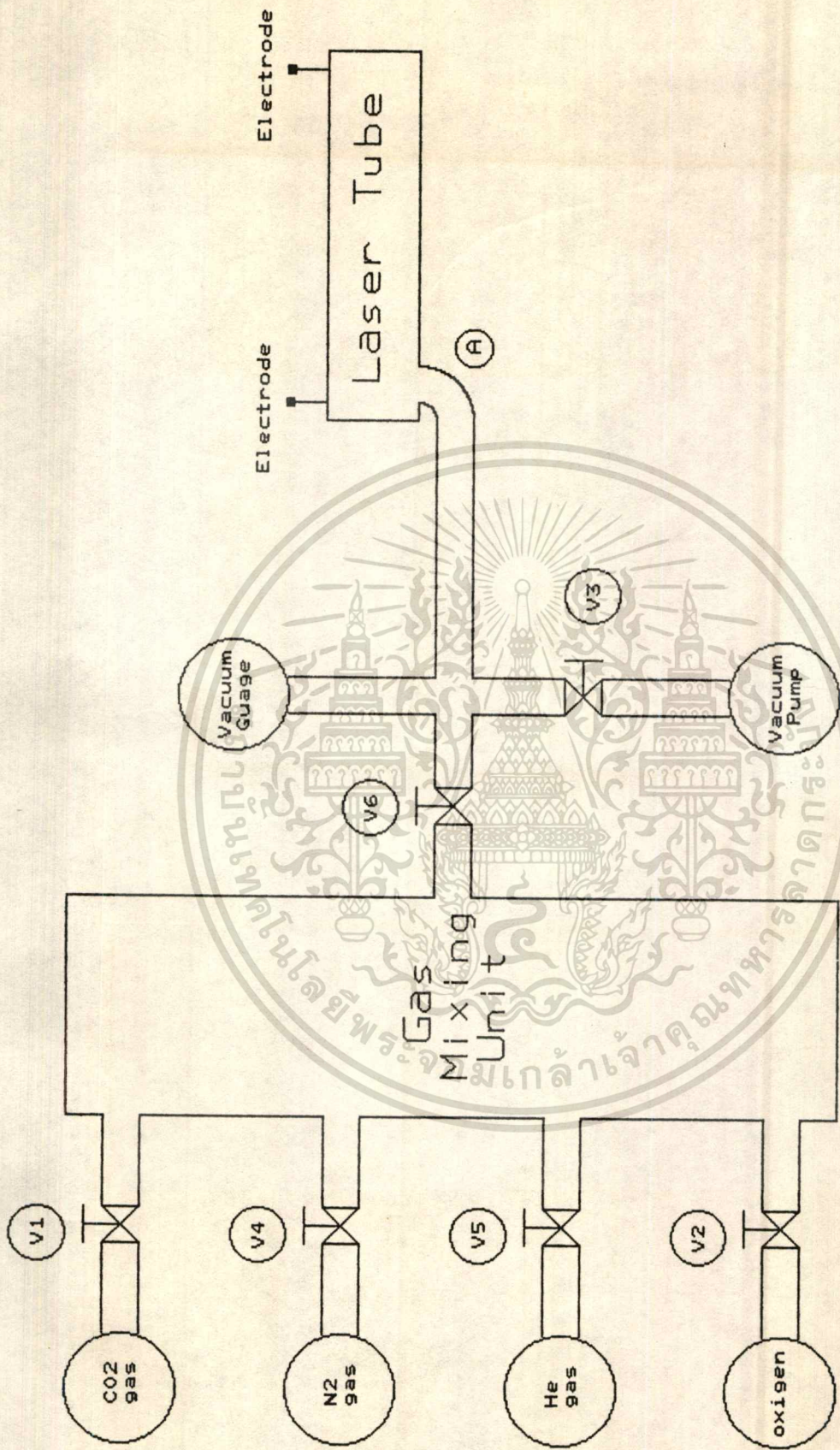
ภาพที่ 4.3 กาวที่ใช้สำหรับติดกระจกเลเซอร์
เข้ากับหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์

รูปที่ 4.3 กาวพิเศษสำหรับติดกระจกเลเซอร์

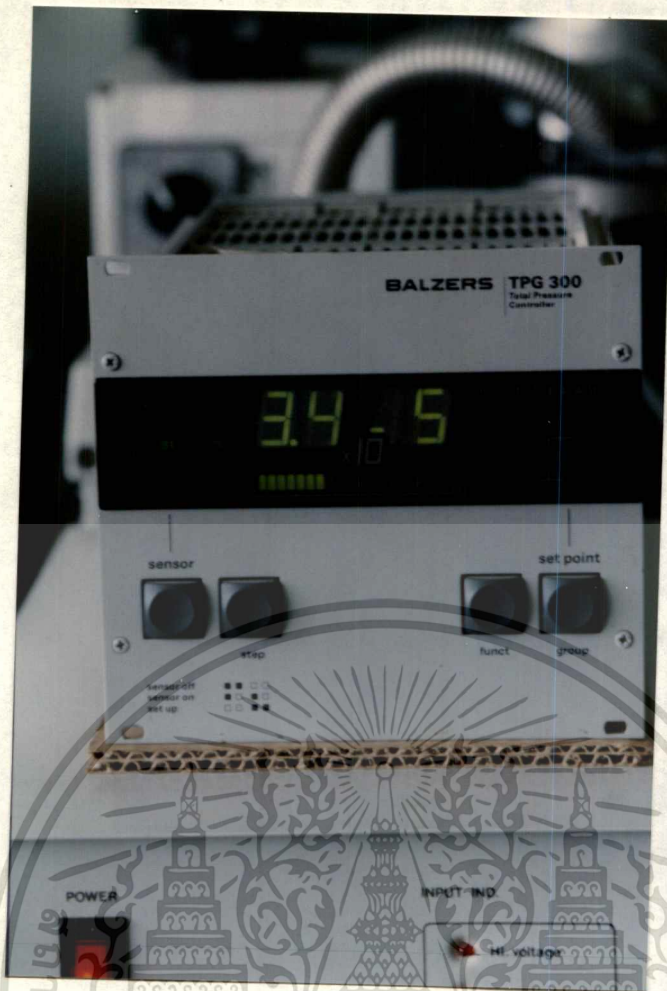
4.3 การบรรจุแก๊ส

หลังจากยึดกระจกเลเซอร์และตัวยึดกระจกเลเซอร์ เข้ากับหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์เรียบร้อยแล้ว จะทำการบรรจุแก๊สเข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ โดยการต่อแก๊ส (guage) สำหรับวัดความดันสุญญากาศ , วาล์ว (valve) สำหรับปิดเปิดแก๊ส , ถังบรรจุแก๊สผสมตามอัตราส่วนที่ต้องการ , ถังบรรจุแก๊สที่ใช้เป็นตัวเร่งตะลิส (catalyst) , ชุดปรับอัตราส่วนผสมแก๊สและปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) เข้ากับท่อสำหรับบรรจุแก๊สที่จุด A บนตัวหลอดเลเซอร์ ตามไดอะแกรมของระบบสุญญากาศ สำหรับกระบวนการบรรจุแก๊ส ในรูปที่ 4.4 โดยท่อสำหรับบรรจุแก๊สที่จุด A นี้ จะเป็นทางเข้าออกของแก๊สเพียงทางเดียวเท่านั้น ซึ่งภาพของเกจวัดความดันสุญญากาศ , วาล์วสำหรับปิดเปิดแก๊สแสดงไว้ ในรูปที่ 4.5 และ 4.6 ส่วนภาพของถังบรรจุแก๊สที่ผสมตามอัตราส่วนที่ต้องการ และถังบรรจุแก๊สที่เป็นตัวเร่งตะลิสแสดงไว้ในรูปที่ 4.7 สำหรับชุดปรับอัตราส่วนผสมแก๊สและปั๊มสุญญากาศ แสดงไว้ในรูปที่ 4.8 และ 4.9 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ไลอะแกรมของระบบสุญญากาศสำหรับการบรรจุก๊าซในหลอดเลเซอร์



รูปที่ 4.5 เกจสำหรับวัดความดันสุญญากาศ (vacuum guage)



รูปที่ 4.6 วาล์วสำหรับใช้ในงานสุญญากาศ ซึ่งมีอัตราการรั่วซึมต่ำมาก (high vacuum valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากไดอะแกรมในรูปที่ 4.4 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้คือ เริ่มจากปิดวาล์ว V_1 , V_2 , V_4 และ V_5 แล้วเปิดปั๊มสุญญากาศเพื่อดูดอากาศภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ออก จนกระทั่งความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ลดลงเหลือประมาณ 10^{-5} มิลลิบาร์ (mBar) จึงทำการปิดวาล์ว V_3 (ส่วนวาล์ว V_6 เปิดไว้) หลังจากนั้นจึงเปิดวาล์ว V_2 เพื่อให้แก๊สที่เป็นตัวแคโทดไหลเข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ตามปริมาณที่ต้องการ เสร็จแล้วจึงปิดวาล์ว V_2 และเปิดวาล์ว V_1 เพื่อให้แก๊สที่เป็นสารตัวกลางเลเซอร์ ซึ่งในที่นี้ก็คือแก๊สผสมระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และฮีเลียม ให้เข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ตามปริมาณที่ต้องการเช่นกัน จากนั้นจึงปิดวาล์ว V_1 และ V_6 ซึ่งในขั้นตอนนี้ภายในหลอดเลเซอร์จะมีสภาพเป็นหลอดกำเนิดแสงคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดชั่วคราวหรือซีลแบบชั่วคราว นั่นคือไม่มีแก๊สไหลเข้าหรือออกจากหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ สำหรับวาล์ว V_4 และ V_5 นั้น จะใช้ในการทดลองปรับอัตราส่วนผสมของแก๊ส ในกรณีที่ไม่ได้ใช้แก๊สที่ผสมมาจากโรงงาน แต่จะใช้แก๊สแบบแยกถังคือถังละหนึ่งชนิดแล้วมาผสมเองโดยใช้ชุดปรับอัตราส่วนผสมแก๊สซึ่งแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.7 ถังบรรจุแก๊สผสมตามอัตราส่วนที่ต้องการและถังบรรจุแก๊สที่เป็นตัวแคโทด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การปรับระนาบของกระจกเลเซอร์ (alignment)

หลังจากได้หลอดกำเนิดแสงคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ซึ่งอยู่ในสภาพซีลแบบชั่วคราวแล้ว จะต้องทำการทดสอบการทำงานของระบบเลเซอร์ โดยการให้สนามไฟฟ้าแรงสูงเพื่อดิสชาร์จ (discharge) แก๊สที่บรรจุเข้าไป แล้ววัดกำลังของเลเซอร์พร้อมทั้งแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ (tube voltage) ก่อนที่จะซีลหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แบบถาวร ซึ่งก่อนอื่นจะต้องปรับระนาบของกระจกเลเซอร์ด้านหน้าและด้านหลังให้ขนานกันก่อน โดยการยึดหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์บนแท่นมาตรฐานสำหรับยึดอุปกรณ์การทดลอง ในแนวตรงกันข้ามกับฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ (He-Ne Laser) ซึ่งเป็นเลเซอร์อีกชนิดหนึ่งที่มีลำแสงสีแดงขนาดเล็ก โดยใช้ในการช่วยปรับระนาบกระจกเลเซอร์ของระบบเลเซอร์ที่สร้างขึ้น เพราะว่าฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ จะให้แสงที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และเป็นลำแสงขนานที่มีขนาดเล็ก เหมาะที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการช่วยปรับระนาบกระจกเลเซอร์ การจัดเครื่องมือจะทำตามภาพที่แสดงในรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ภาพของการจัดเครื่องมือในการ alignment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อยึดหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์เรียบร้อยแล้ว จึงจะเปิดฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ให้ลำแสงเล็งไปยังกระจกเลเซอร์ด้านหน้า ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ของการสะท้อนน้อยกว่า แสงจากฮีเลียม-นีออนเลเซอร์จะทะลุผ่านกระจกเลเซอร์ด้านหน้า ไปสะท้อนที่กระจกเลเซอร์ด้านหลัง กลับออกมาในแนวที่ใกล้เคียงกับแนวเดิม ดังนั้นแสงจากฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ที่สะท้อนกลับออกมา จะมีอยู่สองจุดและมีความเข้มไม่เท่ากัน โดยจุดที่มีความเข้มมากกว่าจะเป็นแสงที่สะท้อนมาจากกระจกเลเซอร์ด้านหน้า และอีกจุดหนึ่งจะเป็นแสงที่สะท้อนจากกระจกเลเซอร์ด้านหลัง ถ้าแสงสะท้อนทั้งสองจุดอยู่คนละตำแหน่งกัน จะต้องปรับระนาบของกระจกเลเซอร์ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เพื่อให้แสงสะท้อนทั้งสองจุดมารวมกันที่ตำแหน่งซึ่งแสงออกมาจาก เครื่องฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ เมื่อทำการปรับแสงสะท้อนให้ได้ตามที่กล่าวมาแล้ว ก็จะได้ระนาบของกระจกเลเซอร์ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง ที่ขนานกัน และแนวของแสงจากฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ในขณะนี้ก็คือแนวแกนแสง (optical axis) ของหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่สร้างขึ้น

4.5 การซีล (seal) หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์

เมื่อได้หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แบบหลอดปิดชั่วคราวหรือซีลแบบชั่วคราวแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการซีลหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แบบถาวร โดยการใช้เทคนิคที่เรียกว่า hard seal ซึ่งเป็นเทคนิคที่นิยมใช้กับหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ชนิดอื่นๆ ที่มีสารตัวกลางเลเซอร์เป็นแก๊สด้วยเช่นกัน ได้แก่ ฮีเลียม-แคดเมียมเลเซอร์ (He-Cd laser) , ฮีเลียม-นีออนเลเซอร์ (He-Ne laser) และอาร์กอนเลเซอร์ (Ar-laser) เป็นต้น เนื่องจากการซีลแบบนี้จะมีอายุการใช้งาน (shelf life) ไม่จำกัด ทั้งนี้จะต้องทำการดิสชาร์จหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ โดยใช้ไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรงและต้องมีค่าคงที่ แล้ววัดแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ยังอยู่ในสภาพซีลแบบชั่วคราวก่อน จากนั้นจึงใช้เปลวไฟจากแก๊สไหลร้อนสำหรับบรรจุแก๊สที่จุด A ซึ่งเป็นท่อสำหรับบรรจุแก๊ส ที่อยู่ติดกับตัวหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ตามไดอะแกรมของระบบสูญญากาศสำหรับกระบวนการบรรจุแก๊ส ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.4 จนกระทั่งท่อสำหรับบรรจุแก๊สขาดออกจากกัน ซึ่งปลายของท่อสำหรับบรรจุแก๊ส ด้านที่ติดอยู่กับตัวหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ก็จะหลอมและยุบตัวปิดรูของท่อสำหรับบรรจุแก๊สตรงบริเวณรอยที่ตัดด้วยแก๊สโดยไม่ให้อากาศเข้าไปได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ จะมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศภายนอก ดังนั้นก็จะได้หลอดกำเนิดแสงคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดถาวร จากนั้นทำการดิสชาร์จและวัดแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์อีกครั้ง เพื่อเป็นการเปรียบเทียบว่าความดันแก๊สภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ทั้งก่อนและหลังการซีลแบบถาวร จะมีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างหรือไม่ โดยเปรียบเทียบจากแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ในขณะที่ทำการดิสชาร์จ ถ้าหากแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงเลเซอร์ทั้งก่อนและหลังการซีลแบบถาวรมีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกัน แสดงว่าความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ภายหลังจากกระบวนการซีลแบบถาวรแล้วมีค่าเท่าเดิม ทั้งนี้เนื่องมาจากแรงดันตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์เมื่อกระแสดีสชาร์จมีค่าคงที่ จะแปรผันตามความดันแก๊สที่บรรจุอยู่ข้างใน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดสอบระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้าง

ในการทดสอบระบบเลเซอร์ที่สร้างขึ้นนี้ มีตัวแปรที่จะทำการทดสอบ 5 ตัวคือ ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียน (active region) , ค่าอัตราส่วนผสมของแก๊ส (gas mixing ratio) , ความหนาแน่นกระแสดิซชาร์จ (discharge current density) , ความดันรวมของแก๊ส (total gas pressure) และเปอร์เซ็นต์ของตัวแคทอะลิส (catalyst) ที่ใช้ ในการทดสอบแต่ละขั้นตอน จะหาค่าของตัวแปรที่ทำให้ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซชาร์จสูงที่สุดที่ละตัวแปร แล้วจึงนำค่าของตัวแปรที่ได้นั้นไปใช้ในการหาค่าตัวแปรอื่นๆต่อไป

5.1 การวัดกำลังของเลเซอร์

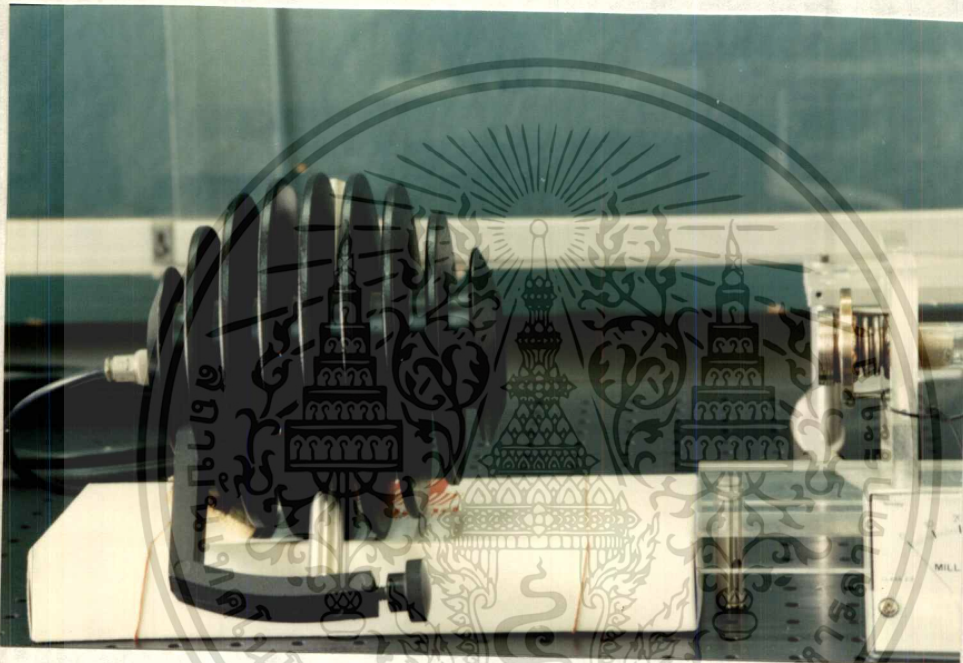
เนื่องจากแสงเลเซอร์ที่ได้จากระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้นนี้ เป็นแสงเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่น $10.6 \mu\text{m}$ และมีลักษณะเป็นลำขนาดเล็กแต่ให้ความร้อนสูง ดังนั้นในการวัดกำลังของเลเซอร์ที่มีความยาวคลื่นนี้ ก็จะใช้เครื่องวัดกำลังเลเซอร์ (laser power meter) โมเดล 201 ของบริษัทโคเฮเรนท์ (COHERENT) แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งเป็นเครื่องวัดกำลังของเลเซอร์แบบต่อเนื่อง และสามารถวัดกำลังเลเซอร์ได้สูงสุด 300 วัตต์ (เมื่อใช้ range extender) วางไว้ด้านหน้าในแนวเดียวกับกระจกเลเซอร์ด้านหน้าของหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ให้ห่างออกมาประมาณ 1 ฟุต โดยให้บริเวณพื้นที่รับแสงของหัววัดกำลังเลเซอร์ ตรงกับแนวแสงเลเซอร์ที่จะผ่านออกมา จากหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ส่วนภาพของเครื่องวัดกำลังแสงเลเซอร์ จะแสดงไว้ในรูปที่ 5.2 และภาพของหัววัดกำลังเลเซอร์แสดงในรูปที่ 5.3

ในการศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซชาร์จกับพารามิเตอร์ (parameter) หรือตัวแปรหลักที่มีผลต่อกำลังของเลเซอร์ซึ่งมีอยู่ 4 ตัวได้แก่ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียนหรือก็คือ หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ , อัตราส่วนผสมของแก๊ส , ความหนาแน่นกระแสดิซชาร์จ และความดันรวมของแก๊ส ดังนั้นในการหาความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซชาร์จ กับพารามิเตอร์ตัวใดตัวหนึ่ง จะกำหนดให้พารามิเตอร์อีก 3 ตัวมีค่าคงที่ โดยจะต้องพิจารณาว่าพารามิเตอร์ตัวใดสามารถแยกออกมาได้ก่อน ซึ่งจะเห็นว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียน เป็นพารามิเตอร์ตัวแรกที่จะต้องทดลองหาขนาดที่เหมาะสมเสียก่อน ในขั้นต้นของการทดลองนี้จะเห็นว่าถ้ากำหนดให้พารามิเตอร์สองตัวคือ อัตราส่วนผสมของแก๊ส และความหนาแน่นกระแสดิซชาร์จมีค่าคงที่ แล้วทำการวัดกำลังของเลเซอร์ โดยเปลี่ยนค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความดันรวมของแก๊ส สำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนทั้ง 3 ขนาด ก็จะได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน ซึ่งให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จสูงสุด นั่นคือจะทราบขนาดที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน และจะใช้ค่าที่ได้นี้ ในการหาค่าที่เหมาะสมของตัวแปรอื่นต่อไป



รูปที่ 5.1 ตำแหน่งของเครื่องวัดกำลังเลเซอร์และลักษณะการวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 เครื่องวัดกำลังของเลเซอร์ (laser power meter)



รูปที่ 5.3 หัววัดกำลังเลเซอร์ (laser detector)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแอคทีฟฟรีเจียน (active region)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟฟรีเจียน ซึ่งใช้ในการทดลองมี 3 ขนาด คือ 8 , 10 และ 12 มิลลิเมตรตามลำดับ ซึ่งในขั้นตอนแรกนี้จะต้องทดลอง เพื่อหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟฟรีเจียนที่ให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุด จำเป็นจะต้องกำหนดให้อัตราส่วนผสมของแก๊สและความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จของหลอดแต่ละขนาดมีค่าคงที่ระหว่างการทดลองโดยการเลือกค่าตัวอย่างจากผลการทดลองสุ่ม ซึ่งในที่นี้ได้ใช้อัตราส่วนผสมของแก๊สระหว่าง $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 และความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 44.6 mA/cm^2 เท่ากันทั้งหมดสำหรับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟฟรีเจียนแต่ละค่า แล้วเปลี่ยนค่าความดันรวมของแก๊ส สำหรับผลการวัดค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ เพื่อหาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสมของส่วนที่เป็นแอคทีฟฟรีเจียนแสดงในตารางที่ 5.1 ถึง 5.3 และกราฟรูปที่ 5.4



ตารางที่ 5.1 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียน 8 มิลลิเมตร

CO ₂ LASER DATA				
VARIED PRESSURE				
Date <u>2/3/95</u>	Front mirror type <u>ZnSe</u>		r _{front} <u>85 %</u>	R _{front} <u>α m</u>
Page <u>1 of 3</u>	Back mirror type <u>Si</u>		r _{back} <u>100 %</u>	R _{back} <u>5 m</u>
Lasing time <u>1/2 Hr</u>	Power supply type <u>DC</u> rectified	Electrode type <u>Aluminum</u>	Room temp <u>24 °C</u>	Coolant temp <u>14 °C</u>
CO ₂ :N ₂ :He <u>1 : 4 : 5</u>			Active bore diameter <u>8 mm</u>	
Discharge length <u>450 mm</u>			Tube current density <u>44.6 mA/cm²</u>	
Total gas pressure (mBar)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
<u>22</u>	<u>3.9</u>	<u>22.4</u>		
<u>24</u>	<u>4.1</u>	<u>25.8</u>		
<u>26</u>	<u>4.3</u>	<u>28.7</u>		
<u>28</u>	<u>4.5</u>	<u>31.8</u>		
<u>30</u>	<u>4.7</u>	<u>34.7</u>		
<u>32</u>	<u>4.9</u>	<u>36.9</u>		
<u>34</u>	<u>5.2</u>	<u>39.3</u>		
<u>36</u>	<u>5.4</u>	<u>41.1</u>		
<u>38</u>	<u>5.6</u>	<u>38.4</u>		
<u>40</u>	<u>5.8</u>	<u>36.0</u>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียน 10 มิลลิเมตร

CO ₂ LASER DATA				
VARIED PRESSURE				
Date <u>unknown</u>	Front mirror type <u>ZnSe</u>	r _{front} <u>85</u> %	R _{front} <u>α</u> m	
Page <u>2</u> of <u>3</u>	Back mirror type <u>Si</u>	r _{back} <u>100</u> %	R _{back} <u>5</u> m	
Lasing time <u>1/2</u> Hr	Power supply type <u>DC</u> rectified	Electrode type <u>Aluminum</u>	Room temp <u>24</u> °C	Coolant temp <u>14</u> °C
CO ₂ :N ₂ :He <u>1 : 4 : 5</u>		Active bore diameter <u>10</u> mm		
Discharge length <u>450</u> mm		Tube current density <u>44.6</u> mA/cm ²		
Total gas pressure (mBar)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
<u>22</u>	<u>3.8</u>	<u>31.8</u>		
<u>24</u>	<u>4.0</u>	<u>37.1</u>		
<u>26</u>	<u>4.2</u>	<u>39.8</u>		
<u>28</u>	<u>4.5</u>	<u>42.7</u>		
<u>30</u>	<u>4.7</u>	<u>45.1</u>		
<u>32</u>	<u>4.9</u>	<u>47.6</u>		
<u>34</u>	<u>5.1</u>	<u>49.8</u>		
<u>36</u>	<u>5.3</u>	<u>51.3</u>		
<u>38</u>	<u>5.5</u>	<u>49.8</u>		
<u>40</u>	<u>5.7</u>	<u>47.8</u>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

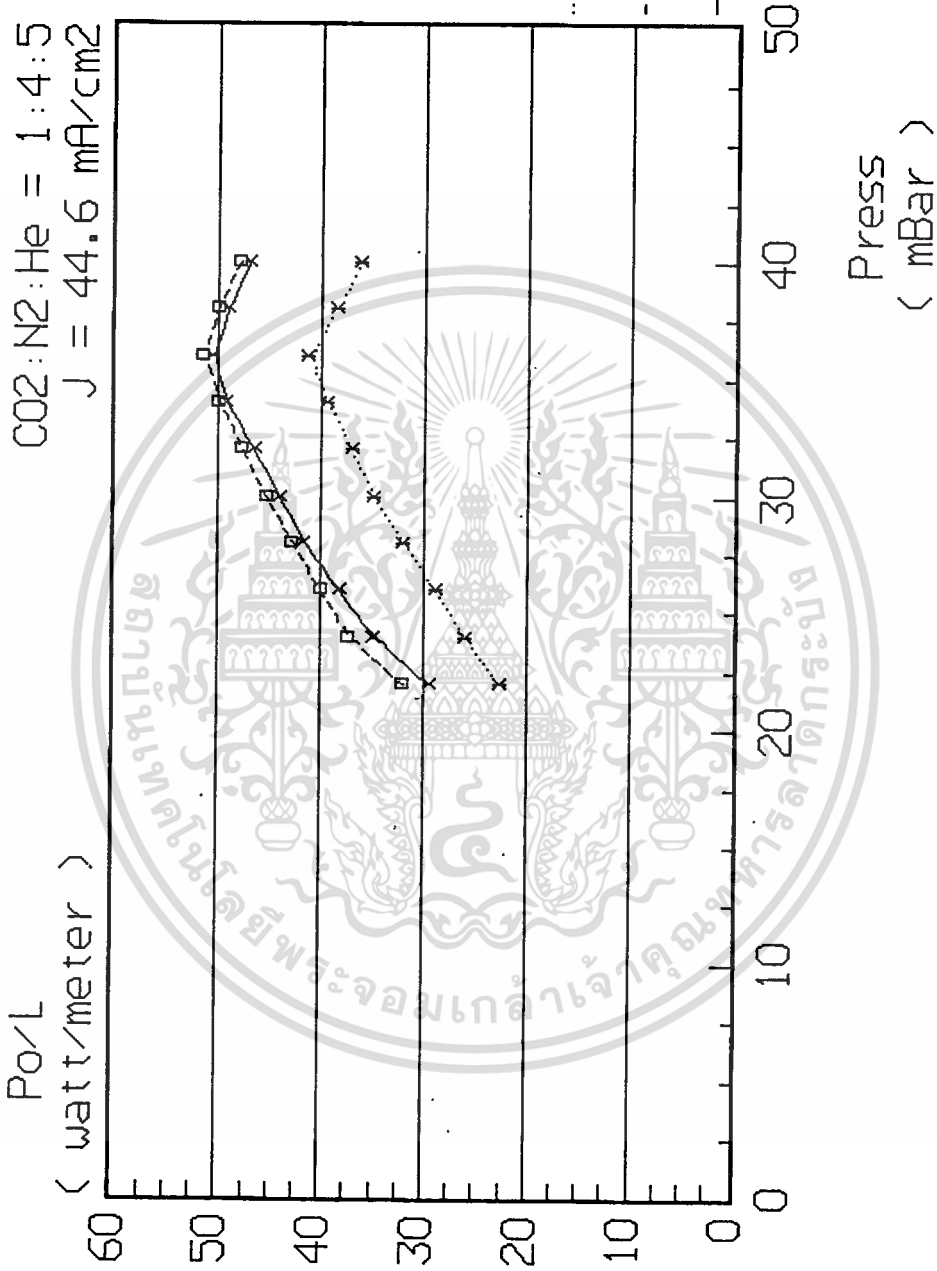
ตารางที่ 5.3 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จกับความดันรวมของแก๊ส ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟี่เจียน 12 มิลลิเมตร

CO ₂ LASER DATA				
VARIED PRESURE				
Date 2/3/95	Front mirror type ZnSe	r _{front} 85 %	R _{front} α m	
Page 3 of 3	Back mirror type Si	r _{back} 100 %	R _{back} 5 m	
Lasing time 1/2 Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp 24 °C	Coolant temp 14 °C
CO ₂ :N ₂ :He 1:4:5		Active bore diameter 12 mm		
Discharge length 450 mm		Tube current density 44.6 mA/cm ²		
Total gas pressure (mBar)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
22	3.7	29.3		
24	4.0	34.7		
26	4.3	38.0		
28	4.5	41.6		
30	4.7	43.8		
32	4.9	46.2		
34	5.1	49.1		
36	5.3	50.4		
38	5.5	48.9		
40	5.6	46.9		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laser Power per Length
versus
Total Gas Pressure

CO₂:N₂:He = 1:4:5
J = 44.6 mA/cm²



รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเลเซอร์ต่อระยะดีสชาร์จกับความดันรวมของแก๊ส
ที่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียน 8 , 10 , 12 มิลลิเมตร

จากกราฟรูปที่ 5.4 จะเห็นว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอกที่ฟรีเจียน 10 มิลลิเมตร ให้ค่ากำลังของเสเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จสูงสุดที่ความดัน 36 mbar ดังนั้นผลการทดลองในขั้นตอนนี้ จะได้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอกที่ฟรีเจียนและความดันรวมของแก๊สที่เหมาะสมเพื่อจะใช้เป็นพารามิเตอร์ในการหาค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ตัวอื่นๆต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จกับอัตราส่วนผสมของแก๊ส (gas mixing ratio)

จากการทดลองในหัวข้อ 5.2 ทำให้ทราบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสม ของส่วนที่เป็นแอคทีฟที่ปริมาตรคือ 10 มิลลิเมตรและค่าความดันรวมที่เหมาะสมของแก๊สภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์คือ 36 mbar ดังนั้นในการทดลองขั้นต่อไป จะกำหนดให้พารามิเตอร์ทั้งสองค่านี้เป็นค่าคงที่ นั่นคือทำการวัดค่ากำลังของเลเซอร์ในขณะที่เปลี่ยนค่าความหนาแน่นกระแสคิสซาร์จ สำหรับอัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ นั้นเป็น 1 : 1 : 8 , 1 : 4 : 5 และ 2 : 5 : 3 ตามลำดับ โดยการเลือกค่าตัวอย่างจากผลการทดลองสุ่ม เพื่อที่จะหาค่าอัตราส่วนผสมของแก๊ส ซึ่งให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จสูงสุด สำหรับผลการวัดค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จ เพื่อหาอัตราส่วนผสมของแก๊สที่เหมาะสม แสดงในตารางที่ 5.4 ถึง 5.6 และกราฟรูปที่ 5.5



ตารางที่ 5.4 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับค่าความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ
ที่อัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 1 : 1 : 8

CO ₂ LASER DATA				
VARIED CURRENT DENSITY				
Date 2/2/95	Front mirror type ZnSe	r _{front} 85 %	R _{front} α m	
Page 1 of 3	Back mirror type Si	r _{back} 100 %	R _{back} 5 m	
Lasing time 1/2 Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp 24 °C	Coolant temp 14 °C
CO ₂ :N ₂ :He 1 : 1 : 8		Active bore diameter 10 mm		
Discharge length 450 mm		Total gas pressure 36 mBar		
Tube current density (mA/cm ²)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (P _o /L) (watt/m)		
24.2	5.0	27.8		
26.7	4.9	29.1		
29.3	4.8	30.7		
31.8	4.7	31.6		
34.4	4.6	32.0		
36.9	4.5	32.9		
39.5	4.4	33.6		
42.0	4.3	34.0		
44.6	4.2	34.7		
47.1	4.1	33.6		
49.7	4.0	32.0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.5 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จ กับค่าความหนาแน่นกระแสคิสซาร์จ
ที่อัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 1 : 4 : 5

CO ₂ LASER DATA				
VARIED CURRENT DENSITY				
Date 2/2/95	Front mirror type ZnSe		r _{front} 85 %	R _{front} α m
Page 2 of 3	Back mirror type Si		r _{back} 100 %	R _{back} 5 m
Lasing time 1/2 Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp 24 °C	Coolant temp 14 °C
CO ₂ :N ₂ :He 1 : 4 : 5		Active bore diameter 10 mm		
Discharge length 450 mm		Total gas pressure 36 mBar		
Tube current density (mA/cm ²)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
24.2	6.0	40.7		
26.7	5.9	42.0		
29.3	5.8	42.7		
31.8	5.7	43.6		
34.4	5.6	44.9		
36.9	5.5	47.3		
39.5	5.4	48.7		
42.0	5.3	49.8		
44.6	5.2	50.9		
47.1	5.1	49.3		
49.7	5.0	46.9		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

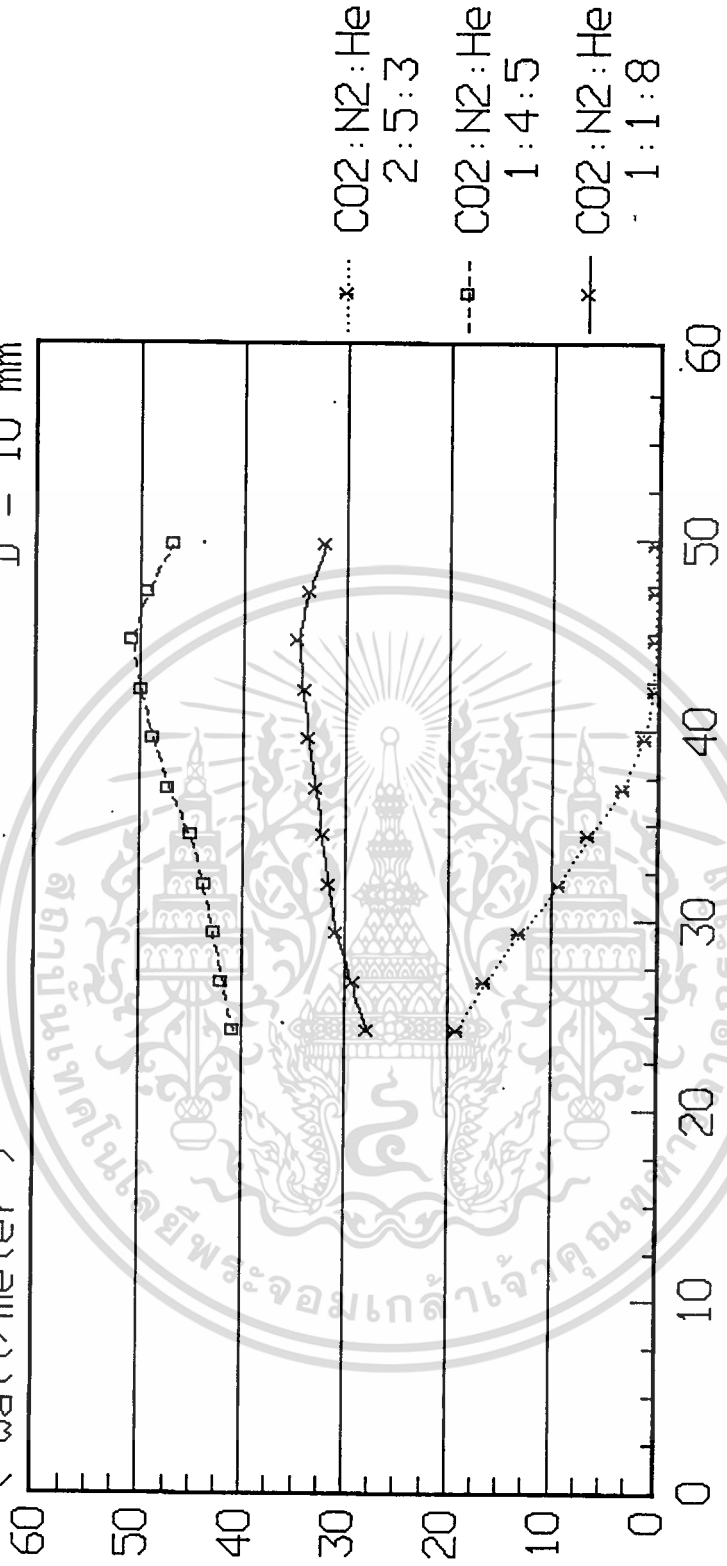
ตารางที่ 5.6 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับค่าความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ
ที่อัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 2 : 5 : 3

CO ₂ LASER DATA				
VARIED CURRENT DENSITY				
Date 2/2/95	Front mirror type ZnSe	r _{front} 85 %	R _{front} 0 m	
Page 3 of 3	Back mirror type Si	r _{back} 100 %	R _{back} 5 m	
Lasing time 1/2 Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp 24 °C	Coolant temp 14 °C
CO ₂ :N ₂ :He 2 : 5 : 3		Active bore diameter 10 mm		
Discharge length 450 mm		Total gas pressure 36 mBar		
Tube current density (mA/cm ²)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
24.2	6.5	19.1		
26.7	6.3	16.4		
29.3	6.1	12.9		
31.8	6.0	9.1		
34.4	5.9	6.4		
36.9	5.8	2.9		
39.5	5.7	0.9		
42.0	5.6	0.0		
44.6	5.5	0.0		
47.1	5.4	0.0		
49.7	5.3	0.0		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laser Power per Length versus Discharge Current Density

P_o/L (watt/meter) Press = 36 mBar
 $D = 10$ mm



รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความหนาแน่นกระแส
 แดดิสชาร์จ เมื่ออัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 1 : 1 : 8 , 1 : 4 : 5 และ

จากกราฟรูปที่ 5.5 จะเห็นว่าเมื่ออัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 จะให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุด ที่ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 44.6 mA/cm^2 จากผลการทดลองในขั้นตอนนี้ ทำให้ได้ค่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ และจะใช้ค่าพารามิเตอร์ที่หาได้นี้ ไปหาค่าที่เหมาะสมของความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความแน่นกระแสดิสชาร์จ

(discharge current density)

จากการทดลองในหัวข้อ 5.3 ทำให้ได้ทราบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางที่เหมาะสม ของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียนคือ 10 มิลลิเมตร และค่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 และความแน่นกระแสดิสชาร์จที่จะใช้ในการทดลองนี้มี 3 ค่าคือ 14 , 21.6 และ 44.6 mA/cm^2 ตามลำดับ โดยการเลือกค่าตัวอย่างจากผลการทดลองสุ่ม ซึ่งในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดลองหาความแน่นกระแสดิสชาร์จซึ่งให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุด โดยการเปลี่ยนค่าความดันรวมของแก๊สเพื่อวัดกำลังของเลเซอร์ ซึ่งผลการวัดค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จเพื่อหาค่าความแน่นกระแสดิสชาร์จที่เหมาะสม แสดงในตารางที่ 5.7 ถึง 5.9 และกราฟรูปที่ 5.6



ตารางที่ 5.7 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับค่าความดันรวมของแก๊ส ที่ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 14 mA/cm²

CO ₂ LASER DATA				
VARIED PRESSURE				
Date <u>unknown</u>	Front mirror type <u>ZnSe</u>	r _{front} <u>85 %</u>	R _{front} <u>∞</u> m	
Page <u>1</u> of <u>3</u>	Back mirror type <u>Si</u>	r _{back} <u>100 %</u>	R _{back} <u>5</u> m	
Lasing time <u>1/2</u> Hr	Power supply type <u>DC</u> rectified	Electrode type <u>Aluminum</u>	Room temp <u>24</u> °C	Coolant temp <u>14</u> °C
CO ₂ :N ₂ :He <u>1 : 4 : 5</u>		Active bore diameter <u>10</u> mm		
Discharge length <u>450</u> mm		Tube current density <u>14</u> mA/cm ²		
Total gas pressure (mBar)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (P _o /L) (watt/m)		
<u>20</u>	<u>3.8</u>	<u>7.6</u>		
<u>22</u>	<u>4.2</u>	<u>10.0</u>		
<u>24</u>	<u>4.5</u>	<u>12.4</u>		
<u>26</u>	<u>4.9</u>	<u>14.0</u>		
<u>28</u>	<u>5.3</u>	<u>15.1</u>		
<u>30</u>	<u>5.7</u>	<u>16.2</u>		
<u>32</u>	<u>6.1</u>	<u>17.6</u>		
<u>34</u>	<u>6.5</u>	<u>16.2</u>		
<u>36</u>	<u>6.9</u>	<u>15.3</u>		
<u>38</u>	<u>7.2</u>	<u>14.4</u>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.8 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จ กับค่าความดันรวมของแก๊ส ที่ความหนาแน่นกระแสคิสซาร์จ 21.6 mA/cm^2

CO ₂ LASER DATA				
VARIED PRESSURE				
Date <u>unknown</u>	Front mirror type ZnSe	r _{front} 85 %	R _{front} <u>α</u> m	
Page 2 of 3	Back mirror type Si	r _{back} 100 %	R _{back} <u>5</u> m	
Lasing time <u>1/2</u> Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp <u>24</u> °C	Coolant temp <u>14</u> °C
CO ₂ :N ₂ :He <u>1 : 4 : 5</u>		Active bore diameter <u>10</u> mm		
Discharge length <u>450</u> mm		Tube current density <u>21.6</u> mA/cm ²		
Total gas pressure (mBar)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
20	3.6	16.2		
22	4.0	18.2		
24	4.3	20.7		
26	4.7	23.3		
28	5.0	26.4		
30	5.3	27.6		
32	5.7	28.7		
34	6.0	29.8		
36	6.3	28.7		
38	6.7	27.3		

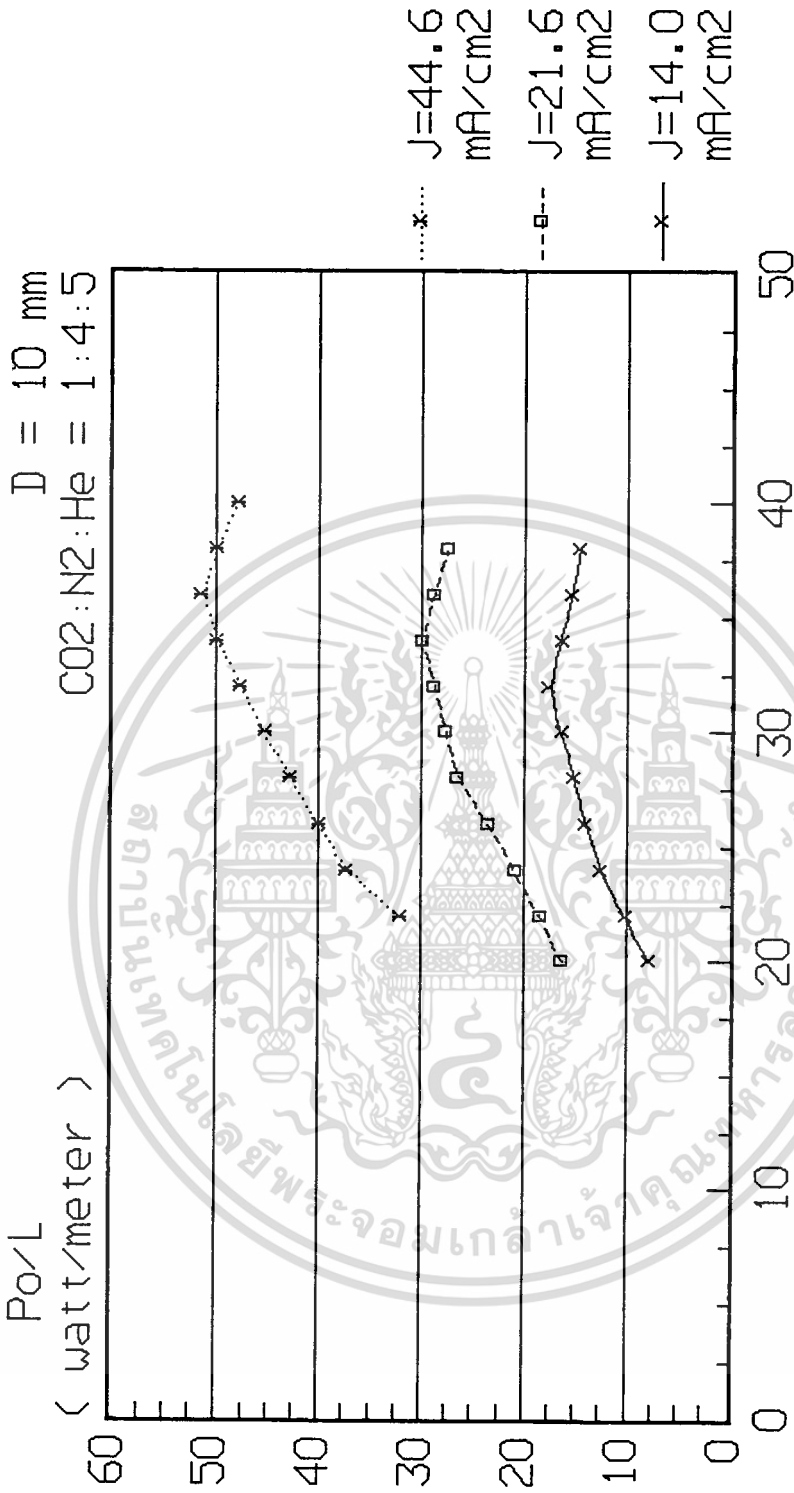
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จกับค่าความดันรวมของแก๊ส ที่ความหนาแน่นกระแสคิสซาร์จ 44.6 mA/cm²

CO ₂ LASER DATA				
VARIED PRESSURE				
Date <u>unknown</u>	Front mirror type <u>ZnSe</u>	r _{front} <u>85 %</u>	R _{front} <u>∞</u> m	
Page <u>3</u> of <u>3</u>	Back mirror type <u>Si</u>	r _{back} <u>100 %</u>	R _{back} <u>5</u> m	
Lasing time <u>1/2 Hr</u>	Power supply type <u>DC</u> rectified	Electrode type <u>Aluminum</u>	Room temp <u>24 °C</u>	Coolant temp <u>14 °C</u>
CO ₂ :N ₂ :He <u>1 : 4 : 5</u>			Active bore diameter <u>10</u> mm	
Discharge length <u>450</u> mm			Tube current density <u>44.6</u> mA/cm ²	
Total gas pressure (mBar)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (P _o /L) (watt/m)		
<u>22</u>	<u>3.8</u>	<u>31.8</u>		
<u>24</u>	<u>4.0</u>	<u>37.1</u>		
<u>26</u>	<u>4.2</u>	<u>39.8</u>		
<u>28</u>	<u>4.5</u>	<u>42.7</u>		
<u>30</u>	<u>4.7</u>	<u>45.1</u>		
<u>32</u>	<u>4.9</u>	<u>47.6</u>		
<u>34</u>	<u>5.1</u>	<u>49.8</u>		
<u>36</u>	<u>5.3</u>	<u>51.3</u>		
<u>38</u>	<u>5.5</u>	<u>49.8</u>		
<u>40</u>	<u>5.7</u>	<u>47.8</u>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laser Power per Length
versus
Total Gas Pressure



รูปที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับค่าความดันรวมของแก๊ส ที่ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 14 , 21.6 และ 44.6 mA/cm²

จากกราฟรูปที่ 5.6 จะเห็นได้ว่าเมื่อความหนาแน่นกระแสดิซาร์จ มีค่าเป็น 44.6 mA/cm^2 จะให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซาร์จสูงสุด ที่ความดันรวมของแก๊ส 36 mbar ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเยนเป็น 10 มิลลิเมตรและอัตราส่วนผสมแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.10 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับค่าความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ
เมื่อความดันรวมของแก๊สเป็น 25 mbar

CO ₂ LASER DATA				
VARIED CURRENT DENSITY				
Date 2/4/95	Front mirror type ZnSe	r _{front} 85 %	R _{front} 0 m	
Page 1 of 3	Back mirror type Si	r _{back} 100 %	R _{back} 5 m	
Lasing time 1/2 Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp 24 °C	Coolant temp 14 °C
CO ₂ :N ₂ :He 1 : 4 : 5		Active bore diameter 10 mm		
Discharge length 450 mm		Total gas pressure 25 mBar		
Tube current density (mA/cm ²)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
6.4	4.9	11.6		
8.9	4.8	12.7		
11.5	4.7	13.1		
14.0	4.6	13.3		
16.6	4.5	12.4		
19.1	4.4	11.3		
21.6	4.3	9.6		
24.2	4.2	6.0		
26.7	4.1	4.0		
29.3	4.0	3.1		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.11 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับค่าความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ
เมื่อความดันรวมของแก๊สเป็น 34 mbar

CO ₂ LASER DATA				
VARIED CURRENT DENSITY				
Date <u>2/4/95</u>	Front mirror type <u>ZnSe</u>	r _{front} <u>85 %</u>	R _{front} <u>∞</u> m	
Page <u>2</u> of <u>3</u>	Back mirror type <u>Si</u>	r _{back} <u>100 %</u>	R _{back} <u>5</u> m	
Lasing time <u>1/2</u> Hr	Power supply type <u>DC</u> rectified	Electrode type <u>Aluminum</u>	Room temp <u>24 °C</u>	Coolant temp <u>14 °C</u>
CO ₂ :N ₂ :He <u>1 : 4 : 5</u>		Active bore diameter <u>10</u> mm		
Discharge length <u>450</u> mm		Total gas pressure <u>34</u> mBar		
Tube current density (mA/cm ²)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
<u>6.4</u>	<u>6.6</u>	<u>18.4</u>		
<u>8.9</u>	<u>6.5</u>	<u>21.3</u>		
<u>11.5</u>	<u>6.4</u>	<u>23.1</u>		
<u>14.0</u>	<u>6.3</u>	<u>24.9</u>		
<u>16.6</u>	<u>6.2</u>	<u>26.4</u>		
<u>19.1</u>	<u>6.1</u>	<u>27.8</u>		
<u>21.6</u>	<u>6.0</u>	<u>29.1</u>		
<u>24.2</u>	<u>5.9</u>	<u>24.9</u>		
<u>26.7</u>	<u>5.8</u>	<u>19.8</u>		
<u>29.3</u>	<u>5.7</u>	<u>14.7</u>		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.12 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับค่าความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ
เมื่อความดันรวมของแก๊สเป็น 36 mbar

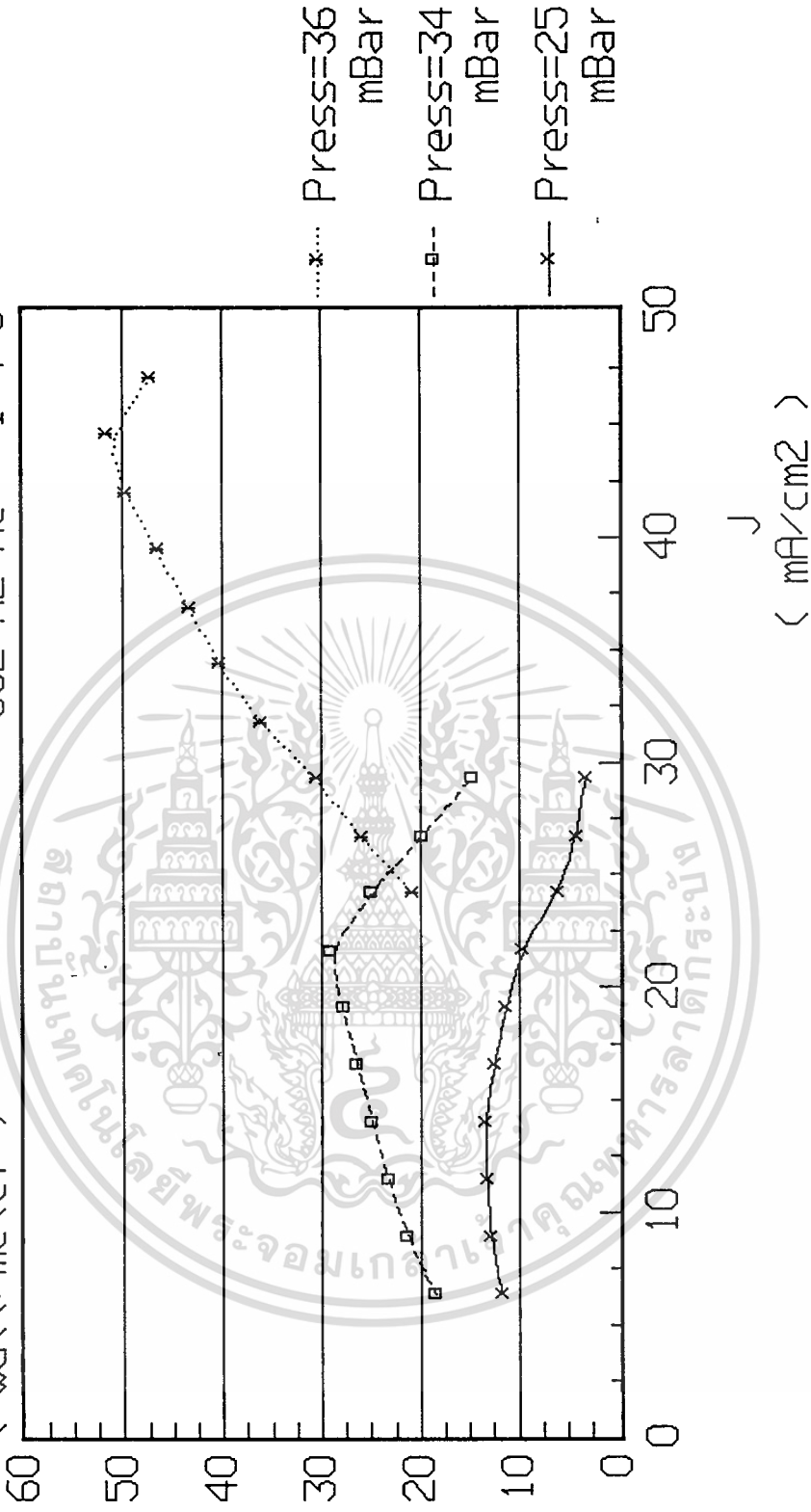
CO ₂ LASER DATA				
VARIED CURRENT DENSITY				
Date 2/4/95	Front mirror type ZnSe	r _{front} 85 %	R _{front} α m	
Page 3 of 3	Back mirror type Si	r _{back} 100 %	R _{back} 5 m	
Lasing time 1/2 Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp 24 °C	Coolant temp 14 °C
CO ₂ :N ₂ :He 1 : 4 : 5		Active bore diameter 10 mm		
Discharge length 450 mm		Total gas pressure 36 mBar		
Tube current density (mA/cm ²)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
24.2	5.9	20.7		
26.7	5.8	25.1		
29.3	5.7	30.4		
31.8	5.6	36.0		
34.4	5.5	40.2		
36.9	5.4	43.3		
39.5	5.3	46.4		
42.0	5.2	49.6		
44.6	5.1	51.6		
47.1	5.0	47.3		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laser Power per Length versus

Discharge Current Density

P_o/L (watt/meter) D = 10 mm
CO₂:N₂:He = 1:4:5



รูปที่ 5.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเดเซอร์ ต่อระยะดิสชาร์จกับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่อความดันรวมของแก๊สเป็น 25 , 34 และ 36 mbar

จากกราฟรูปที่ 5.7 จะเห็นได้ว่าเมื่อความดันรวมของแก๊สเป็น 36 mbar จะให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุด (ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในหัวข้อที่ 5.2 , 5.4 และ 5.5 ที่ผ่านมา) เมื่อค่าความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 44.6 mA/cm² ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียนเป็น 10 มิลลิเมตร และอัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 1 : 4 : 5 ในขั้นตอนนี้จะได้ค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ครบ 4 ตัวแล้ว และจะใช้ค่าเหล่านี้ในการหาปริมาณที่เหมาะสมของตัวแคทโอดลิสในหัวข้อต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

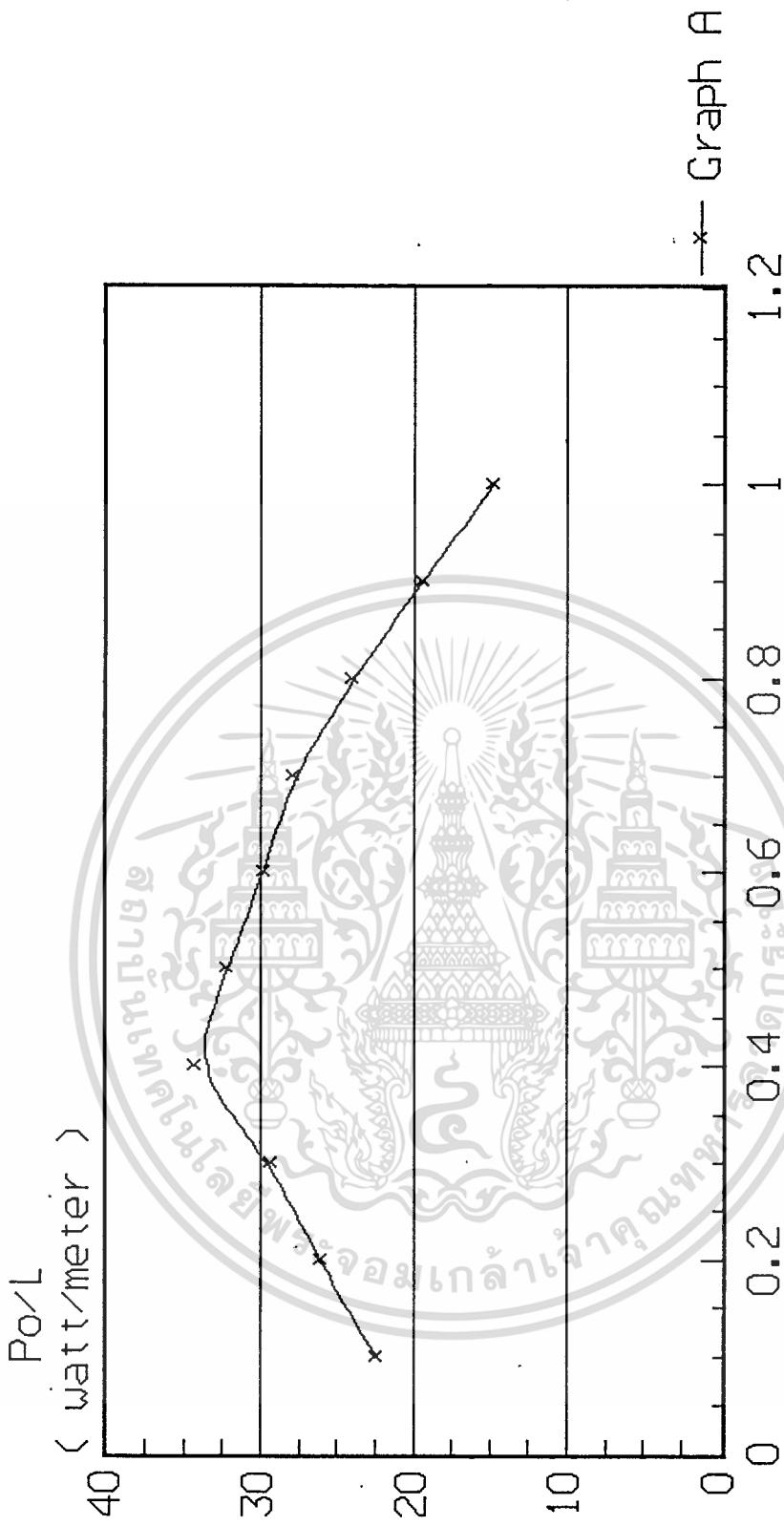
5.6 ความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับเปอร์เซ็นต์ของตัวแคทตะลิส (catalyst)

จากการทดลองตามหัวข้อ 5.2 ถึง 5.5 สรุปค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมแต่ละตัวได้ดังนี้คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน 10 มิลลิเมตร , อัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 , ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 44.6 mA/cm^2 และ ความดันรวมของแก๊สเป็น 36 mbar ตามลำดับ ในการทดลองขั้นต่อไปจะเป็นการหาค่าเปอร์เซ็นต์ที่เหมาะสมของตัวแคทตะลิส ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้แก๊สออกซิเจนเป็นตัวแคทตะลิส โดยการทำงานของหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ จะอยู่ในสภาพการซีลแบบชั่วคราวซึ่งจากสมการ (2.4.1) ในบทที่ 2 จะเห็นว่าเมื่อแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ถูกกระตุ้นแล้วก็จะแตกตัวออกเป็น คาร์บอนมอน็อกไซด์ และ ออกซิเจน ดังนั้นการทำงานของหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ในสภาพแบบหลอดปิด หรือสภาพของการซีล จำเป็นต้องมีตัวแคทตะลิสซึ่งในที่นี้ใช้แก๊สออกซิเจน บรรจุเพิ่มเข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ เพื่อให้คาร์บอนมอน็อกไซด์และออกซิเจนรวมตัวกันใหม่ กลับมาเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ที่พร้อมจะถูกกระตุ้นให้เกิดแสงเลเซอร์ใหม่อย่างต่อเนื่อง จากวิธีการที่กล่าวไปแล้วนั้น จะเห็นว่าแก๊สออกซิเจนที่บรรจุเพิ่มเข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ก็เพื่อให้แสงเลเซอร์เกิดขึ้น ได้อย่างต่อเนื่องและทำงานได้ ดังนั้นจึงจะต้องทำการหาเปอร์เซ็นต์ที่เหมาะสมของแก๊สออกซิเจน ที่จะทำให้ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงที่สุด ซึ่งผลการทดลองเพื่อหาเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจน ที่จะทำให้ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงที่สุดนั้น แสดงไว้ในตารางที่ 5.13 และกราฟรูปที่ 5.8

ตารางที่ 5.13 ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะคิสซาร์จกับเปอร์เซ็นต์ของแก๊สออกซิเจนที่ใช้เป็นตัวแคทตะลิส เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน 10 มิลลิเมตร อัตราส่วนผสมแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 ความหนาแน่นกระแสคิสซาร์จเป็น 44.6 mA/cm^2 และความดันรวมของแก๊สมีค่าเป็น 36 mbar โดยการทดสอบในสภาพซีลแบบชั่วคราว

CO ₂ LASER DATA				
VARIED CATALYST (% OF TOTAL GAS PRESSURE)				
Date 2/9/95	Front mirror type ZnSe	r _{front} 85 %	R _{front} α m	
Page 2 of 2	Back mirror type Si	r _{back} 100 %	R _{back} $\underline{5}$ m	
Lasing time 1/2 Hr	Power supply type DC rectified	Electrode type Aluminum	Room temp 24 °C	Coolant temp 14 °C
Catalyst type O_2	CO ₂ :N ₂ :He 1 : 4 : 5	Active bore diameter 10 mm	Discharge current density 44.6 mA/cm ²	
Discharge length 450 mm		Total gas pressure 36 mBar		
% of catalyst (by total gas pressure)	Tube voltage (kV)	Laser power per length (Po/L) (watt/m)		
0.1	5.9	22.4		
0.2	6.1	26.0		
0.3	6.4	29.3		
0.4	6.6	34.2		
0.5	6.8	32.2		
0.6	7.1	29.8		
0.7	7.3	27.8		
0.8	7.5	24.0		
0.9	7.8	19.3		
1.0	8.0	14.7		

Laser Power per length
versus
% of Catalyst (by total gas pressure)



Graph A

% of Oxygen

รูปที่ 5.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะเลเซอร์กับเปอร์เซ็นต์ของตัวแคะละลิสซึ่งในที่นี่ใช้แก๊สออกซิเจน

จากกราฟในรูปที่ 5.8 จะพบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ของตัวแคทตะลิสต์คือออกซิเจนที่ใช้ มีค่าเป็น 0.4 เปอร์เซ็นต์ของความดันรวมของแก๊สทั้งหมด ทำให้ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จสูงสุด ดังนั้นจึงจะใช้ตัวแคทตะลิสต์ปริมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ของความดันรวมของแก๊ส ในการทดสอบการซีลแบบถาวรในหัวข้อถัดไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การทดสอบความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ภายหลังการซีลหลอดแบบถาวร

หลังการซีลหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แบบถาวรแล้ว จะทำการทดสอบหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ว่าในระหว่างการซีลและหลังจากผ่านกระบวนการซีลแบบถาวรแล้วนั้น ความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ วิธีการหนึ่งที่จะตรวจสอบความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ สามารถทำได้โดยการดิสชาร์จหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ด้วยไฟฟ้าแรงดันสูงกระแสตรง และเป็นแบบกระแสคงที่ และวัดแรงดันที่ตกคร่อมหลอด (tube voltage) ในขณะที่ทำการซีลแบบชั่วคราวและหลังจากการซีลแบบถาวร แล้วเปรียบเทียบว่ามีค่าเท่ากันหรือใกล้เคียงกันหรือไม่ ถ้าปรากฏว่ามีค่าเท่ากันแสดงว่า ความดันของแก๊สภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ มีค่าเท่าเดิมทั้งก่อนและหลังการซีลแบบถาวร

หลังจากนั้นจะทำการตรวจสอบว่า ความดันของแก๊สภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ยังมีค่าคงที่หรือไม่ โดยทำการดิสชาร์จหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ แล้ววัดแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ทุกๆ 10 นาที ซึ่งผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 5.14 และกราฟรูปที่ 5.9

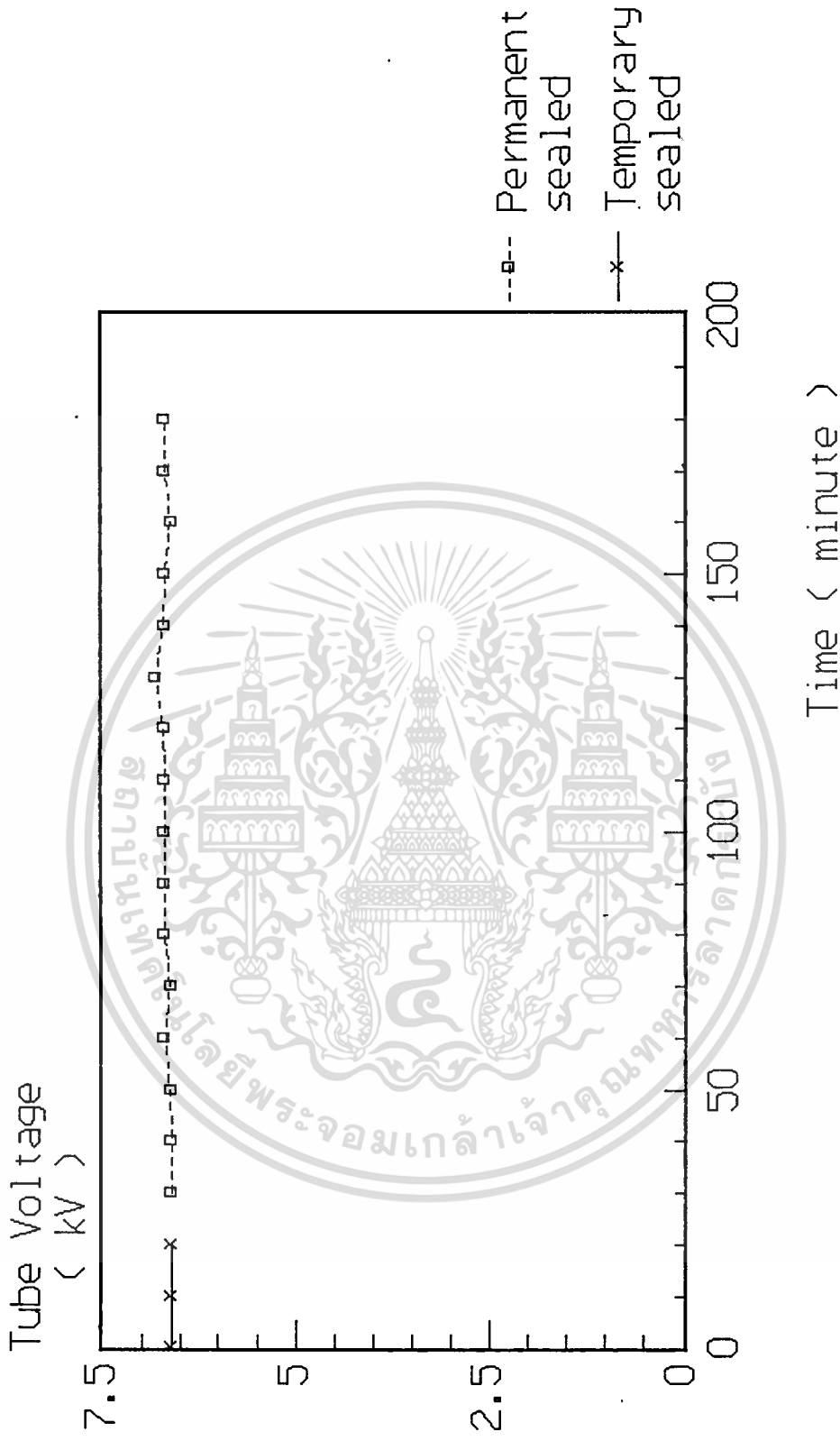


ตารางที่ 5.14 แสดงความสัมพันธ์ของแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่อยู่ใน
สภาพซีลแบบชั่วคราว (Temporary) และแบบถาวร (Permanent)
กับเวลา

Tube Voltage (kV)	Time (minute)	Sealed Type
6.6	0	Temporary
6.6	10	Temporary
6.6	20	Temporary
6.6	30	Permanent
6.7	40	Permanent
6.7	50	Permanent
6.8	60	Permanent
6.7	70	Permanent
6.7	80	Permanent
6.6	90	Permanent
6.6	100	Permanent
6.7	110	Permanent
6.7	120	Permanent
6.8	130	Permanent
6.7	140	Permanent
6.7	150	Permanent
6.8	160	Permanent
6.7	170	Permanent
6.7	180	Permanent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tube Voltage versus Shelf Life of Sealed Tube CO2 Laser



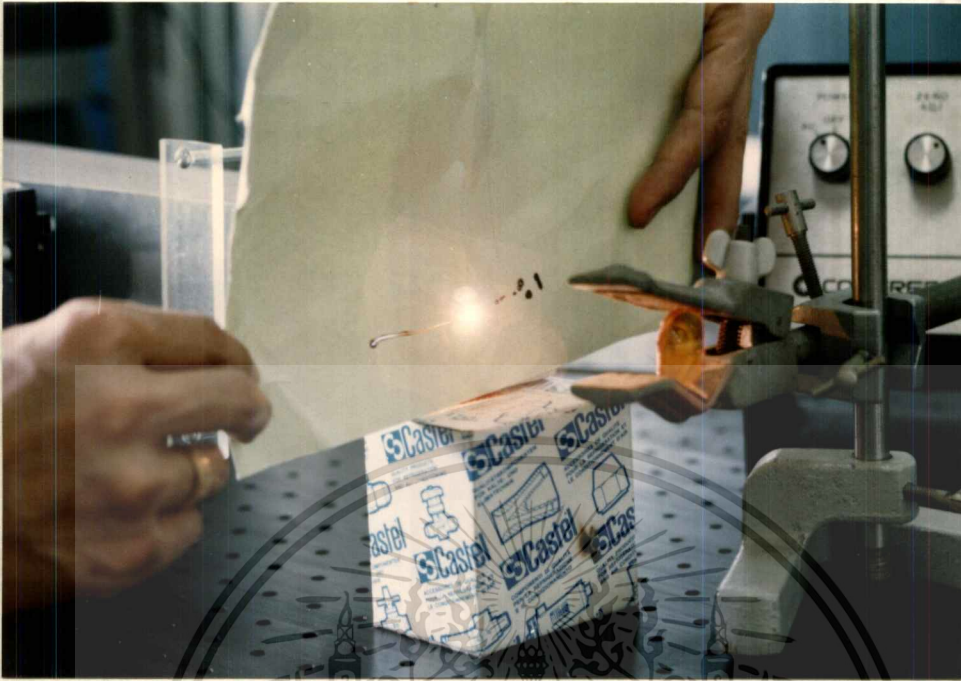
รูปที่ 5.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่ติดกร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์กับเวลา

จากผลการทดลองวัดแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ทั้งที่อยู่ในสภาพซีลแบบชั่วคราว (Temporary) และแบบถาวร (Permanent) เพื่อเป็นการตรวจสอบว่า ความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้างหรือไม่เมื่อเวลาผ่านไป โดยจะดูได้จากค่าแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ซึ่งจะแปรผันตามความดันแก๊สนั้น จากผลการทดสอบตามตารางที่ 5.14 จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากซึ่งนั่นก็หมายความว่า ความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีค่าค่อนข้างคงที่นั่นเอง

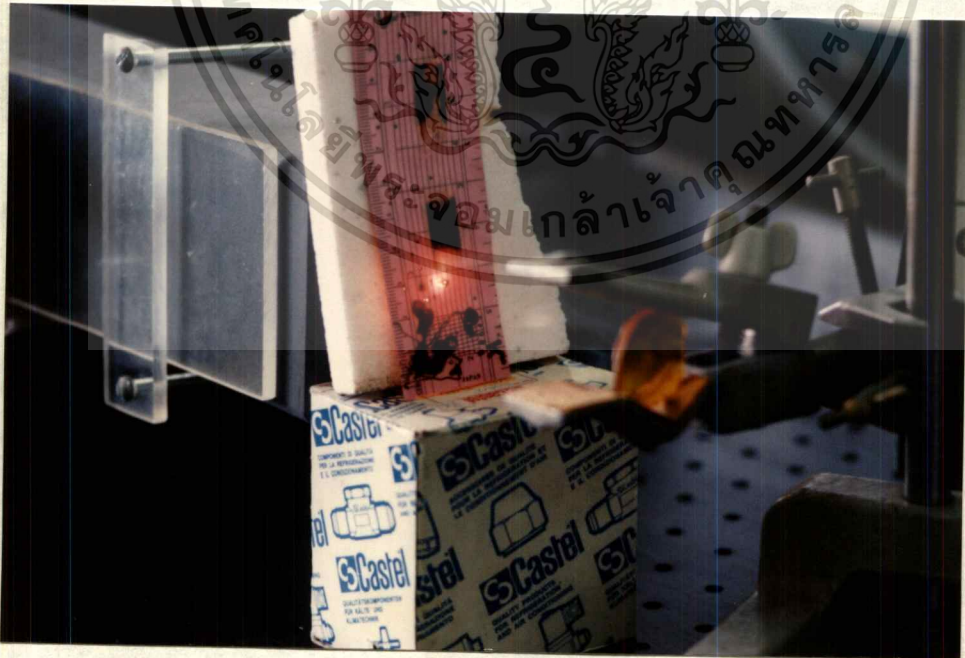
5.8 การทดสอบการทำงานของระบบเลเซอร์

หลังจากได้ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดแล้ว ต่อไปก็จะเป็นการทดสอบการทำงานของระบบ โดยได้ทดลองตัดและเจาะวัสดุ 4 ชนิด ได้แก่ กระจก , พลาสติก , ยาง และ ไม้อัด นอกจากนี้ยังได้ทดลองใช้ปืนซิเมนต์ทนความร้อนประมาณ 2200 เซลเซียสที่ใช้สำหรับทำเตาอุณหภูมิสูง เป็นตัวรับแสงเลเซอร์ที่ยิงผ่านเลนซ์พิเศษชนิด ZnSe สำหรับรวมแสงเลเซอร์ความยาวคลื่น 10.6 μm ซึ่งปรากฏว่าบางตำแหน่งของปืนซิเมนต์ทนความร้อน เกิดการหลอมละลาย ส่วนกระจก , พลาสติก , ยางและ ไม้อัดนั้น สามารถตัดและเจาะได้โดยง่าย ซึ่งถ้านำระบบเลเซอร์นี้ไปใช้ร่วมกับโต๊ะสแกนชิ้นงาน ที่สามารถเลื่อนวัสดุชิ้นงานด้วยความเร็ว และทิศทางที่สม่ำเสมอแล้ว รอยตัดที่เกิดจากการใช้เลเซอร์นี้ก็จะมีขนาดเล็กและสม่ำเสมอด้วย นอกจากนี้ถ้านำระบบเลเซอร์นี้ไปใช้ร่วมกับไฟเบอร์ออปติก (fiber optic) พิเศษสำหรับคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์โดยเฉพาะ จะทำให้สะดวกต่อการใช้งานเป็นอันมาก เพราะไฟเบอร์ออปติกจะมีความยืดหยุ่นสูง

สำหรับภาพการใช้ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้าง ทดลองตัดและเจาะวัสดุต่างๆ ได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.10 ถึง 5.14

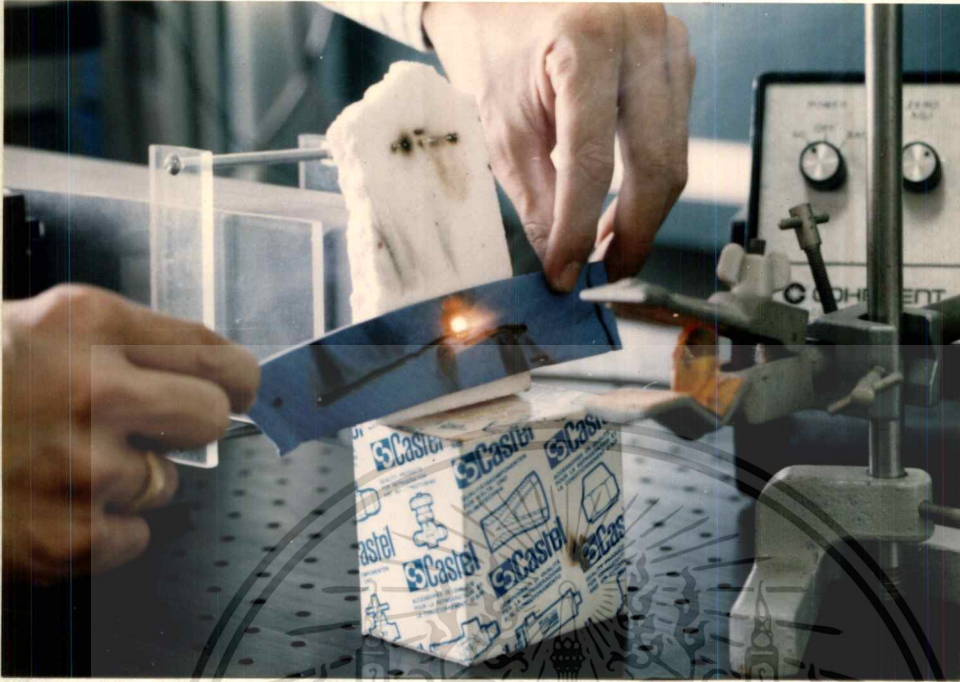


รูปที่ 5.10 ภาพการตัดกระดาษโดยใช้ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 5.11 ภาพการเจาะพลาสติกโดยใช้ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



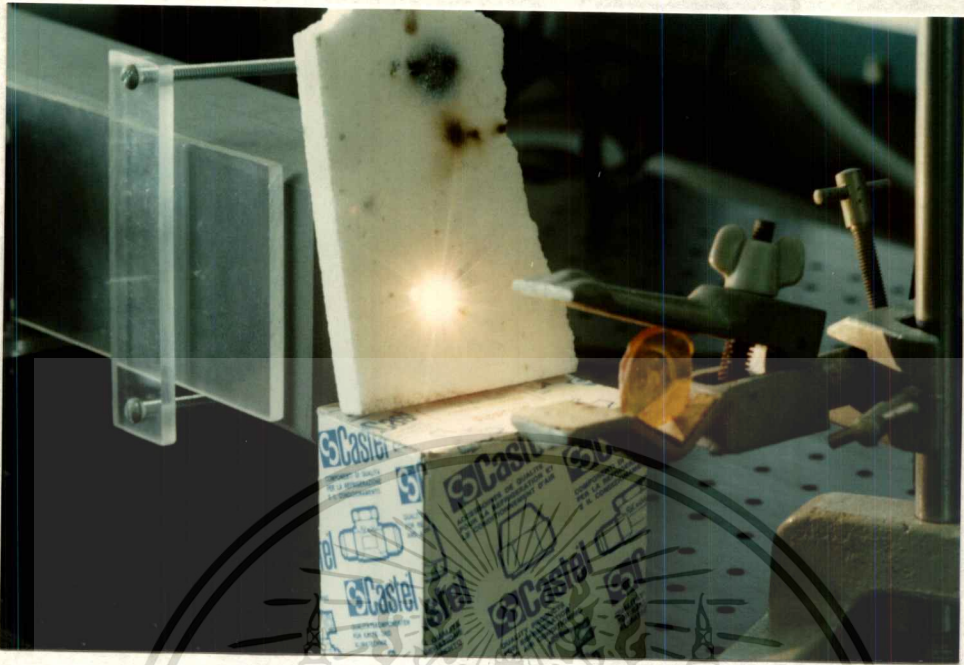
รูปที่ 5.12 ภาพการตัดยางโดยใช้ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น



รูปที่ 5.13 ภาพการตัดไม้อัดโดยใช้ระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์ที่สร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น เหมือนผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 ภาพการทดลองยิงแสงเลเซอร์ลงบนปูนซีเมนต์ที่ทนอุณหภูมิสูง



รูปที่ 5.15 ตัวอย่างหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่ทดลองสร้างขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์การแก้ไขเพื่อความปลอดภัยในการใช้งานและข้อมูลให้ผู้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 เครื่องมือที่ใช้ในการเป่าหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุป

6.1 ผลการวิจัย

จากผลการทดลองในบทที่ 5 ซึ่งเป็นการศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จกับตัวแปรต่างๆ 5 ตัวคือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน , อัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$, ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ , ความดันรวมของแก๊ส และเปอร์เซ็นต์ของตัวแตกตะลิตตามลำดับ ทำให้ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุดสำหรับพารามิเตอร์แต่ละตัว จากกราฟในรูปที่ 5.3 ซึ่งใช้ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน 3 ค่าคือ 8 , 10 และ 12 มิลลิเมตรตามลำดับ นั่นคือจะต้องสร้างหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ จำนวน 3 หลอด เพื่อหาค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จที่สูงที่สุดของแต่ละหลอดมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งปรากฏว่าขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน 10 มิลลิเมตร ให้ค่ากำลังเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุด 51.3 วัตต์ต่อเมตร ที่ความดันรวมของแก๊ส 36 mbar โดยอัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 และความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 44.6 mA/cm^2 ซึ่งจะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนนั้น ไม่ได้มีแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากตามหลักการของ กระบวนการเลเซอร์ (Laser action) นั้น อะตอมของฮีเลียมจะถ่ายเทพลังงาน จากคาร์บอนไดออกไซด์ที่สถานะพลังงาน (100) และสถานะ (020) ลงสู่สถานะกราวด์ (ground state) ตามโคอะแกรมที่แสดงในรูปที่ 2.1 (หน้า 6 ของบทที่ 2) โดยการชนกับผนังภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ แล้วถ่ายเทพลังงานออกมาในรูปของความร้อน ก่อนที่โมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์จะถูกกระตุ้น ให้ปลดปล่อยแสงเลเซอร์ใหม่ ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ้าหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนใหญ่เกินไป อะตอมของฮีเลียมจะใช้เวลาในการชนกับผนังภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์นานขึ้น ซึ่งมีผลทำให้อัตราการเกิด population inversion น้อยลง นั่นคือกำลังของเลเซอร์ที่ได้ก็จะได้น้อยลงด้วย และในทางตรงกันข้ามถ้าหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนเล็กเกินไป จำนวนโมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่จะถูกกระตุ้น ให้เกิดแสงเลเซอร์ ก็จะมีน้อยเช่นกันทำให้อัตราการเกิด population inversion เกิดน้อย นั่นคือกำลังของเลเซอร์ที่ได้ก็จะน้อย ดังนั้นขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนที่ดีที่สุดคือ 10 มิลลิเมตร

จากกราฟในรูปที่ 5.4 ซึ่งใช้อัตราส่วนผสมระหว่างแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ 3 ค่า คือ 1 : 1 : 8 , 1 : 4 : 5 และ 2 : 5 : 3 ตามลำดับ เพื่อหาค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จที่สูงที่สุด ของแต่ละอัตราส่วน ซึ่งปรากฏว่าอัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 จะให้กำลังของเล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุด 50.9 วัตต์ต่อเมตร เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียนเป็น 10 มิลลิเมตร ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 44.6 mA/cm² และความดันรวมของแก๊ส 36 mbar ซึ่งการใช้แก๊สผสมเป็นสารตัวกลางเลเซอร์ แทนที่จะใช้แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ชนิดเดียวกันก็เนื่องมาจาก การกระตุ้นโมเลกุลของแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์โดยตรงเพียงอย่างเดียว นั้นจะมีประสิทธิภาพในการเกิดเป็นแสงเลเซอร์ต่ำและแสงเลเซอร์ที่ได้มีกำลังน้อย ดังนั้นจึงต้องมีการผสมแก๊สไนโตรเจนและฮีเลียม เข้ากับแก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดแสงเลเซอร์ให้สูงขึ้น ซึ่งแก๊สไนโตรเจนและฮีเลียม จะมีบทบาทต่อการทำให้เกิดเลเซอร์ที่แตกต่างกันคือ แก๊สไนโตรเจนมี first excited state ใกล้เคียงกับคาร์บอน ไดออกไซด์ แต่มีประสิทธิภาพในการกระตุ้นสูงกว่า และเมื่อถูกกระตุ้นจากอิเล็กตรอน ก็จะถ่ายเทพลังงานไปกระตุ้นโมเลกุลของคาร์บอน ไดออกไซด์ ให้ไปที่สถานะพลังงาน (001) ส่วนแก๊สฮีเลียมจะทำหน้าที่ถ่ายเทพลังงานส่วนเกินของโมเลกุลคาร์บอน ไดออกไซด์ ที่สถานะพลังงาน (100) และที่สถานะพลังงาน (020) ลงสู่สถานะกราวด์ตามโคออร์ดิเนตที่แสดงในรูปที่ 2.1 (หน้า 6 ของบทที่ 2) โดยการชนกับผนังภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ แล้วถ่ายเทพลังงานออกมาในรูปของความร้อนซึ่งได้อธิบายไปแล้ว จะเห็นได้ว่าค่าอัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He ที่ใช้นั้น ก็มีผลต่อกำลังของแสงเลเซอร์เช่นเดียวกัน สำหรับอัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 2 : 5 : 3 นั้น จะเห็นว่าแก๊สฮีเลียมมีปริมาณน้อยเกินไป อันเป็นผลทำให้อัตราการถ่ายเทพลังงานส่วนเกิน ของโมเลกุลคาร์บอน ไดออกไซด์ที่สถานะพลังงาน (001), (020) และ (010) ลงสู่สถานะกราวด์มีค่าน้อย ทำให้เกิด population inversion น้อยลงอันผลทำให้ได้กำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จค่อนข้างต่ำ สำหรับที่ค่าอัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 1 : 1 : 8 นั้น แก๊สไนโตรเจนมีปริมาณน้อยเกินไป ทำให้อัตราการถ่ายเทพลังงานให้กับโมเลกุลคาร์บอน ไดออกไซด์มีน้อย ในขณะที่แก๊สฮีเลียมมีปริมาณมาก เป็นการแข่งปริมาณที่แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์และไนโตรเจนอยู่กำลังของเลเซอร์ที่ได้จึงน้อย ดังนั้นค่าอัตราส่วนผสมระหว่างแก๊ส CO₂ : N₂ : He ที่ดีที่สุด ก็คือ 1 : 4 : 5

จากรูปที่ 5.5 ซึ่งใช้ความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ 3 ค่าคือ 14 , 21.6 และ 44.6 mA / cm² เพื่อหาค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จที่สูงที่สุด เมื่อปรับความดันรวมของแก๊สให้คงที่ไว้ที่ค่า ซึ่งปรากฏว่าเมื่อความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จเป็น 44.6 mA/cm² จะได้กำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จสูงสุดที่ 51.3 วัตต์ต่อเมตร เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟรีเจียนเป็น 10 มิลลิเมตร ค่าอัตราส่วนผสมของแก๊ส CO₂ : N₂ : He เป็น 1 : 4 : 5 และความดันรวมของแก๊สเป็น 36 mbar จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสชาร์จ กับความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความหนาแน่นกระแสดิสชาร์จ เมื่อความดันรวมของแก๊สมีค่าเท่ากัน และพารามิเตอร์ตัวอื่นๆมีค่าเหมาะสมที่สุด เพราะพลังงานที่จะไปกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารตัวกลางเลเซอร์มีมากขึ้น อย่างไรก็ตามสำหรับระบบเลเซอร์ใดๆ ถ้าทำงานที่ความหนาแน่นกระแสดิซาร์จที่มีค่าสูง กำลังของเลเซอร์อาจจะลดลงค่อนข้างเร็ว หากระบายความร้อนให้กับบริเวณที่เป็นแอคทีฟริเจียนไม่ทัน เนื่องจากจะเกิดความร้อนสะสมในบริเวณที่เป็นแอคทีฟริเจียนมาก จึงควรใช้ความหนาแน่นกระแสดิซาร์จต่ำ และเพิ่มความดันรวมของแก๊ส แทนที่จะใช้ความดันรวมของแก๊สต่ำ แต่เพิ่มค่าความหนาแน่นกระแสดิซาร์จสูงขึ้น ความหนาแน่นกระแสดิซาร์จที่ดีที่สุดในที่นี้คือ 44.6 mA/cm^2

จากกราฟในรูปที่ 5.6 ซึ่งใช้ความดันรวมของแก๊ส 3 ค่าคือ 25 , 34 และ 36 mbar ตามลำดับ เพื่อหาค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซาร์จที่สูงที่สุด เมื่อปรับความหนาแน่นกระแสดิซาร์จให้มีค่าคงที่ไว้ทีละค่า ซึ่งปรากฏว่าเมื่อความดันรวมของแก๊สเป็น 36 mbar จะได้กำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซาร์จสูงสุด 51.6 วัตต์ต่อเมตร เมื่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียนมีค่าเป็น 10 มิลลิเมตร อัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 และความหนาแน่นกระแสดิซาร์จ 44.6 mA/cm^2 จะเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซาร์จกับความดันรวมของแก๊ส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความดันรวมของแก๊ส เมื่อความหนาแน่นกระแสดิซาร์จมีค่าเท่ากัน และพารามิเตอร์ตัวอื่นๆมีค่าเหมาะสมที่สุด เนื่องจากปริมาณของแก๊สที่จะทำให้เกิดแสงเลเซอร์มีมาก อย่างไรก็ตามสำหรับระบบเลเซอร์ใดๆ ถ้าทำงานที่ความดันรวมของแก๊สมีค่าสูง กำลังของเลเซอร์อาจจะไม่เพิ่มขึ้นมากเท่าไร ถ้าหากระบายความร้อนให้กับบริเวณที่เป็นแอคทีฟริเจียนไม่ทัน เนื่องจากแรงดันที่คกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ จะเพิ่มขึ้นตามความดันรวมของแก๊ส ในขณะที่ความหนาแน่นกระแสดิซาร์จคงที่ นั่นคือกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการกระตุ้นสารตัวกลางเลเซอร์เพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ความร้อนสะสม ในบริเวณที่เป็นแอคทีฟริเจียนสูงขึ้น ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเลเซอร์จะลดลง ดังนั้นความดันรวมของแก๊สที่ดีที่สุดในที่นี้คือ 36 mbar

จากกราฟในรูปที่ 5.7 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซาร์จกับเปอร์เซ็นต์ของตัวแคทตะลิสซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ได้ใช้แก๊สออกซิเจน โดยได้ทำการทดลองกับหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ที่อยู่ในสภาพซีล ซึ่งถ้าตามหลักการของคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด จะต้องใส่ตัวแคทตะลิสเข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ เพื่อให้ปฏิกิริยาเลเซอร์เกิดได้อย่างต่อเนื่อง และถ้าไม่มีการใส่ตัวแคทตะลิสเข้าไปในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์แล้ว ปฏิกิริยาเลเซอร์ก็จะหยุดลงในเวลาไม่นานนัก ดังเช่นที่ทราบกันโดยทั่วไป ในการทดลองนี้ได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของแต่ละตัว มาใช้ในการหาเปอร์เซ็นต์ของตัวแคทตะลิส ที่จะทำให้ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิซาร์จสูงสุด ซึ่งค่าเหล่านั้นได้แก่ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของส่วนที่เป็นแอคทีฟริเจียน 10 มิลลิเมตร , อัตราส่วนผสมของแก๊ส $\text{CO}_2 : \text{N}_2 : \text{He}$ เป็น 1 : 4 : 5 , ความหนาแน่นกระแสดิซาร์จ 44.6 mA/cm^2 และความดันรวมของแก๊สเป็น 36 mbar ซึ่งเมื่อใช้ตัวแคทตะลิส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0.4 เปรอร์เซ็นต์ จะได้กำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จสูงสุดที่ 34.2 วัตต์ต่อเมตร จะเห็นว่ามีค่าต่ำกว่าการทดลองอื่นที่มีการไหลของแก๊ส (gas flowing) นั่นคือค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จสำหรับระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด จะมีค่าต่ำกว่าระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด แต่อย่างไรก็ตามข้อดีของระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดก็คือ ไม่สิ้นเปลืองแก๊สที่เป็นสารตัวกลางเลเซอร์ ดังเช่นในระบบแบบหลอดเปิดทั่วไป นอกจากนี้ยังไม่ต้องมีปั๊มสุญญากาศ (vacuum pump) ซึ่งมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากอีกด้วย การที่ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จ ของระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด มีค่าต่ำกว่าระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด เนื่องจากระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิดนั้น มีปั๊มสุญญากาศดูดแก๊สที่ถูกกระตุ้นและแตกตัวแล้วทิ้งไป ในขณะที่เดียวกันก็มีแก๊สใหม่ที่ยังไม่ถูกกระตุ้นและแตกตัวไหลเข้ามาแทนที่ แต่สำหรับระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดนั้น แก๊สที่ถูกกระตุ้นและแตกตัวแล้ว จะถูกตัวแกทอะลิสช่วยเร่งให้รวมตัวกันใหม่ตามสมการ (2.4.2) ซึ่งต้องใช้เวลาในการรวมตัวในช่วงสั้นๆ ดังนั้นในขณะที่เวลาหนึ่งๆจึงมีจำนวน โมเลกุลคาร์บอนไดออกไซด์ที่พร้อมจะปลดปล่อยแสงเลเซอร์น้อยกว่าในระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิด อันเป็นผลทำให้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จของระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด มีค่าต่ำกว่าในระบบคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดเปิดนั่นเอง

สำหรับหลอดแก๊สดิสซาร์จที่มีการซีลแบบถาวรที่ดีนั้น จะสามารถรักษาความดันภายในหลอดให้มีค่าคงที่ให้ได้นานที่สุด โดยไม่ให้อากาศรั่วเข้าไปได้ มิฉะนั้นจะทำให้หลอดหมดอายุการใช้งาน และเมื่อซีลแบบถาวรไปแล้ว การจะตรวจสอบความดันภายในหลอดจะสามารถทำได้โดยการดิสซาร์จหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ โดยให้ความหนาแน่นกระแสดิสซาร์จคงที่ แล้ววัดแรงดันที่ตกคร่อมหลอด (tube voltage) ถ้าหากความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีค่าเท่ากันทั้งก่อนซีลและหลังซีลแบบถาวร แรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ก็จะมีค่าเท่ากันด้วย ดังนั้นในการทดสอบความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ หลังจากการซีลหลอดแบบถาวรนั้น จะทำได้โดยการเปรียบเทียบแรงดันตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ ทั้งก่อนและหลังการซีลแบบถาวร ซึ่งผลการทดสอบที่แสดงในกราฟรูปที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่าแรงดันที่ตกคร่อมหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาน้อยมาก นั่นก็คือความดันภายในหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์มีค่าคงที่นั่นเอง

ส่วนการทดสอบการทำงานของระบบเลเซอร์ โดยการใช้แสงเลเซอร์ตัด และเจาะวัสดุตัวอย่าง 5 ชนิด ซึ่งผลการทดสอบได้แสดงไว้ในรูปที่ 5.9 ถึง 5.13 ไปแล้วนั้น จะเห็นได้ว่าระบบคาร์บอน

ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดที่สร้างขึ้น มีศักยภาพในการตัดและเจาะวัสดุได้ดี (ถ้านำชิ้นงาน วัสดุตัวอย่างไปยึดไว้บนโต๊ะสแกนชิ้นงานที่ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุม แล้วใช้แสงเลเซอร์ในการตัด ก็จะสามารถควบคุมรูปแบบและความคมของรอยตัดได้เป็นอย่างดี และรอยตัดจะมีความคมมาก) นอกจากนี้ยังสามารถเพิ่มกำลังของเลเซอร์ให้สูงขึ้นได้อีก โดยการสร้างให้หลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ มีระยะดิสซาร์จที่ยาวมากกว่าเดิม ก็จะได้อำนาจของแสงเลเซอร์สูงขึ้นไปอีก ซึ่งเป็นการเพิ่มศักยภาพ ในการนำไปประยุกต์ใช้งาน ได้อย่างกว้างขวางมากยิ่งขึ้น

จากผลการทดลองทั้งหมด ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จสูงที่สุด 51.6 วัตต์ต่อเมตร ในสภาวะที่มีแก๊สไหลผ่านหลอดกำเนิดแสงเลเซอร์ และในสภาพซีลได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะ ดิสซาร์จสูงที่สุด 34.2 วัตต์ต่อเมตร

ประสิทธิภาพสูงสุดของเลเซอร์ 13 เปอร์เซนต์

6.2 แนวทางการพัฒนาและประยุกต์ใช้งาน

จากผลการทดสอบการทำงาน ของระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดที่สร้างขึ้น นี้ แสดงให้เห็นว่ามีศักยภาพในการใช้งานได้ดีในระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามหากมีแนวทางใหม่ ๆ ในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของตัวแคทตะลิสเช่น การใช้ตัวแคทตะลิสชนิดอื่นๆ แทนออกซิเจนเพื่อให้ได้ค่ากำลังของเลเซอร์ต่อระยะดิสซาร์จสูงขึ้น อันจะทำให้สามารถสร้างระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิดที่มีกำลังสูงแต่มีขนาดกระทัดรัด โดยอาศัยข้อมูลต่างๆที่ได้จาก วิทยานิพนธ์นี้เป็นแนวทางในการศึกษาต่อไป

สำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้งาน ระบบคาร์บอน ไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด ในทาง อุตสาหกรรม เหมาะที่จะใช้ในกระบวนการทางวัสดุ (material processing) โดยเฉพาะวัสดุที่ใช้การตัด (cutting) , การเจาะ (drilling) , การกรีด (scribing) หรือการเชื่อม (welding) ด้วยเครื่องมือและวิธีอื่นๆแล้ว ทำให้เกิดความเสียหายต่อวัสดุชิ้นงานได้ง่ายหรือทำได้ลำบากอย่าง เช่น ซิลิโคน เซลล์แสงอาทิตย์ (solar cell) แก้ว เซรามิก ยาง ผ้า เหล็กบาง อะลูมิเนียม และสแตนเลส (stainless) อะคริลิก (acrylic) เป็นต้น โดยอาจจะใช้ร่วมกับโต๊ะสแกนชิ้นงาน (table scanner) ซึ่งทำหน้าที่เลื่อนชิ้นงานไปตามโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุม ในขณะที่เครื่องกำเนิดแสงเลเซอร์อยู่กับที่ ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีลักษณะตามต้องการด้วยความรวดเร็วและแม่นยำ นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ร่วมกับเครื่องสแกนลำแสงเลเซอร์ (laser scanner) ซึ่งควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ในงานแกะสลักวัสดุ โดยการให้ระบบ Q-Switched เพื่อเปลี่ยนลำแสงเลเซอร์แบบต่อเนื่อง (continuous wave ; CW) ให้กลายเป็นแบบพัลส์ (pulse) เสียก่อน ซึ่งปัจจุบันการประยุกต์ใช้งานในลักษณะนี้ กำลังเป็นที่ต้องการและได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในทางการแพทย์ จะเหมาะสำหรับการผ่าตัดเนื้อเยื่อทั้งขนาดต่างๆ หูด ฝ้า เนื้องอก เนื่องจากเซลล์เนื้อเยื่อของมนุษย์มีน้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดกลืนแสงเลเซอร์ ความยาวคลื่น 10.6 μm ของคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบนี้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้อาจจะใช้ งานร่วมกับ เอ็นโดสโคป (endoscope) ในการผ่าตัดภายในร่างกาย โดยที่ไม่ต้องเปิดปากแผล ที่มีขนาดใหญ่ดังเช่นในอดีต ซึ่งจะมีผลดีกว่าการผ่าตัดแบบเดิมหลายๆอย่างเช่น ไม่ต้องเปิดปาก แผลกว้าง , บาดแผลบอบช้ำไม่มาก , สูญเสียเลือดน้อย , มีโอกาสติดเชื้อน้อยกว่า , บาดแผลหายเร็ว และแทบจะไม่เป็นแผลเป็น นอกจากนี้ยังใช้เวลาพักฟื้นไม่นานก็สามารถทำงานต่อได้

สำหรับแนวทางการประยุกต์ใช้งานในด้านการศึกษา สามารถใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสงเลเซอร์ที่เป็นแหล่งแสงอินฟราเรด (infrared source) ที่มีความเข้ม (intensity) สูง และมีลักษณะเป็น ลำแสงขนาดเล็กมีความยาวคลื่น 10.6 ไมครอน นอกจากนี้ยังใช้เป็นเครื่องมือสาธิตการทำงานของ คาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหอดปิดได้อีกด้วย

6.3 ข้อเสนอนะ

จากประสบการณ์ในการวิจัยเกี่ยวกับเลเซอร์ที่ผ่านมา ทำให้ทราบถึงปัญหาต่างๆที่พบในการ ออกแบบและสร้างส่วนประกอบต่างๆ ซึ่งมีทั้งปัญหาที่เกี่ยวกับวัสดุที่จะใช้เช่น สเตนเลสที่ใช้ใน การทำตัวยึดกระบอกเลเซอร์จะกลึงได้ยากและไม่ค่อยมีร้านที่จะรับกลึงชิ้นงานที่มีแบบเฉพาะ หรือ ปัญหาที่เกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเช่น วาล์วสำหรับใช้ในงานสุญญากาศ (high vacuum valve) จะต้องมีอัตราการรั่วต่ำมาก ปั๊มสุญญากาศความดันต่ำมาก (ultra high vacuum pump) ซึ่งควรจะสามารบปั๊มความดันได้ต่ำสุดถึง 10^{-8} mbar นอกจากนี้ที่สำคัญคือ กระบอกเลเซอร์ด้าน หน้า ถ้าใช้กระบอกเลเซอร์ที่คุณภาพต่ำ ซึ่งเคยทดลองใช้แล้วปรากฏว่ากำลังของเลเซอร์ที่ได้ มีค่าต่ำ มาก แต่เมื่อใช้กระบอกเลเซอร์คุณภาพดีมาทดลองในสภาวะเดียวกันปรากฏว่า ได้กำลังเลเซอร์เพิ่ม สูงขึ้นมาอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นในการเลือกใช้เครื่องมือ จึงควรศึกษาคุณสมบัติในการใช้งานให้ดี เสียก่อน

หนังสืออ้างอิง

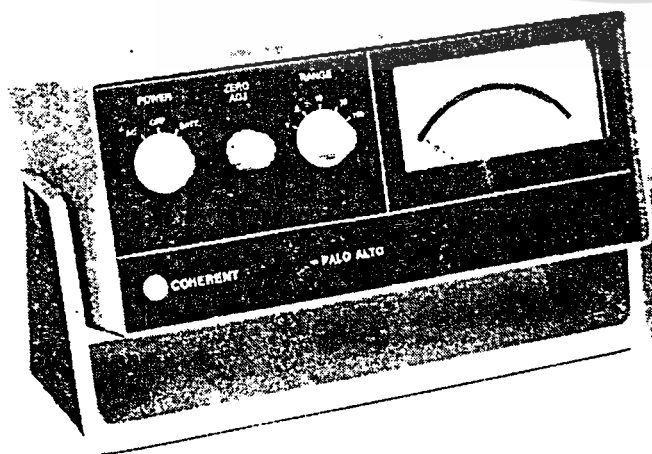
1. สมศักดิ์ วีระวัฒน์สุข , ผศ. วิสุทธิ ชูดีรุ่งเรือง , รศ.ดร. พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ , " การศึกษาอัตราส่วนระหว่างกำลังต่อระยะคิซซาร์จของคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด " , การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 16 , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 25-26 พฤศจิกายน 2536.
2. Pichet Limsuwan ,Phayap Ruangkaew ,Voravit Kosalathip , " Developement of High Power CO₂ Laser " , ASEAN Journal on Science & Technology for Development , Vol 6 No. 2 , 1989.
3. Ram S. Wahda , " Laser Physics " , MIR Publishers MOSCOW , 1983.
4. Joseph T. Verdeyen, " Laser Electronics " ,Prentice Hall , Englewood Cliffs ,New Jersey 07632.
5. D.C.O' Shea , W.R. Callen and W.T. Rhodes , " Introduction to Laser and Their Applications " , Addison-Wesley Publishing Co. , Reading Massachusetts , 1978.
6. W.W. Duley , " CO₂ Laser Effects and Applications " , Academic Press , Inc. , 1976.
7. Jeff Hecht , " The Laser Guidebook " , McGraw Hill , 1986.
8. J. Wilson , J.F.B. Hawkes , " Lasers " , Prentice Hall , 1987.
9. Peter W. Milonni , Joseph H. Eberly, " Lasers " ,Awiley ,Interscience Publication 1983.
10. The engineering staff of Coherent Inc. , " Laser operation , equipment application and design " , McGraw Hill , New York , 1980.
11. O Svelto , " Principle of Lasers " , 2nd ed ,Plenum Press New York, 1982.
12. James T. Luxon , David E. parker , " Industrial Laser and Their Application " , 1979.
13. Precedings of the international conference and school , " Laser and Application Part 1 " , Ducharest , 1982.
14. Precedings of the international conference and school , " Laser and Application Part 2 " , Ducharest , 1982.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. Bela A. Lengyel ; " Lasers " , San Fernando Valley State Collage , Northidge , California.
16. Peter W. Milonni , Joseph h. Eberly , " Lasers " , Prentice Hall , 1984.
17. Dr. Stjepan Lugomer , " Laser Technology " , laser driven processes , Eglewood Cliffs , New Jersey.
18. William M. Steen , " Laser Material Processing " , McGraw Hill , 1979.
19. John E. Harry , " Industrial laser and their application " , McGraw Hill , 1978.
20. E.P. Vllikhov , " Molecular Gas Lasers (Physics and Applications) " , Mem USSR Acad.Sc. , MIR Publishers , MOSCOW.
21. Selected Paper , " CO₂ lasers and Applications 2 " , reprinted from journal of Applied Physics vol 42 , 1994.
22. Selected Paper , " Laser Design " ,reprinted from Electro-optical System Design vol. 8 , 1994.
23. Selected Paper , " CO₂ laser " , reprinted from Physical Review vol 136 , 1964.
24. Peter Gwynne , " CO₂ Lasers Take The Low Power Route " ,Photonics Spectra, 1994.

COHERENT®

Power Meter Instruction Manual Model 201



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

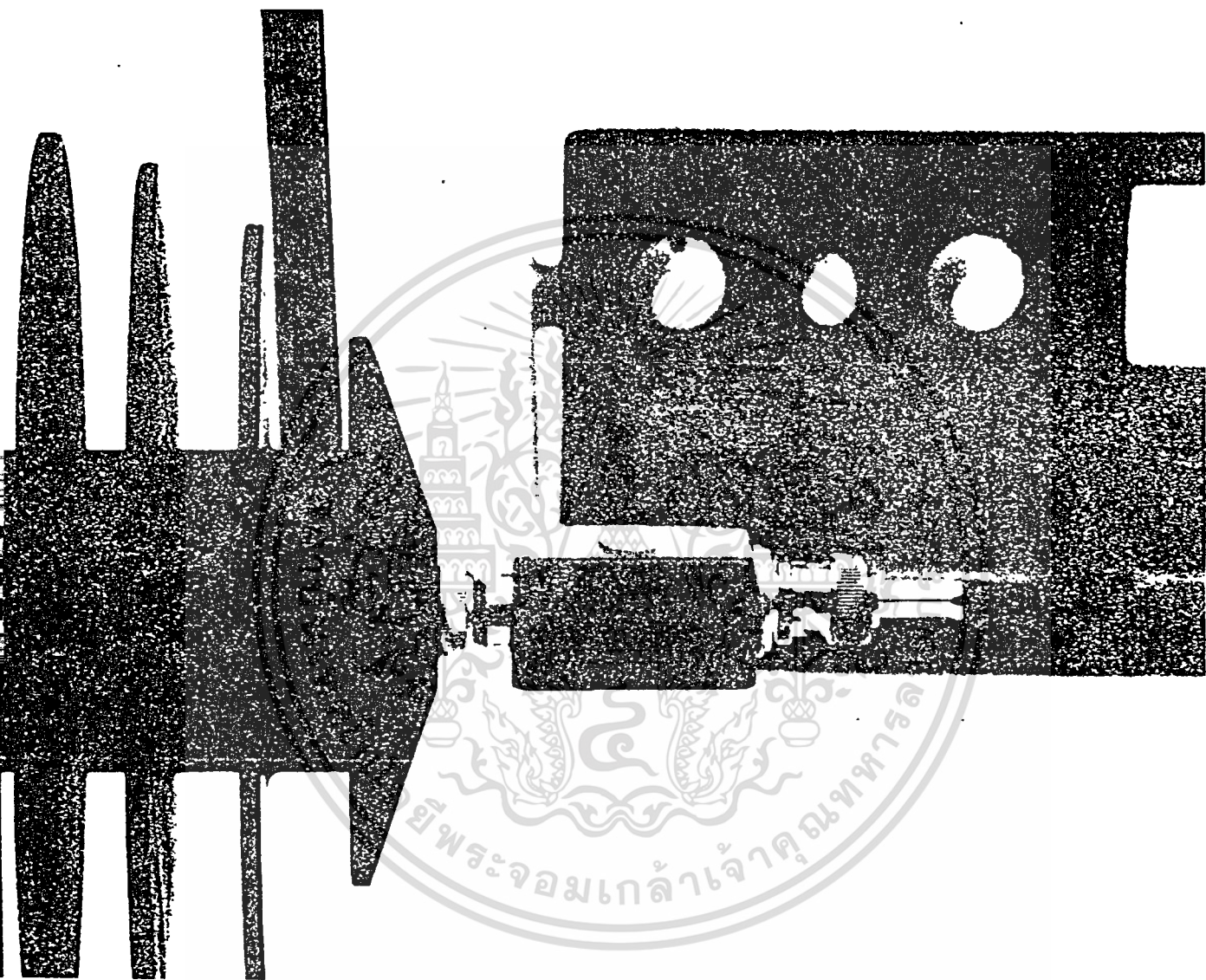


FIG. 1 RANGE EXTENDER MODEL M201-01

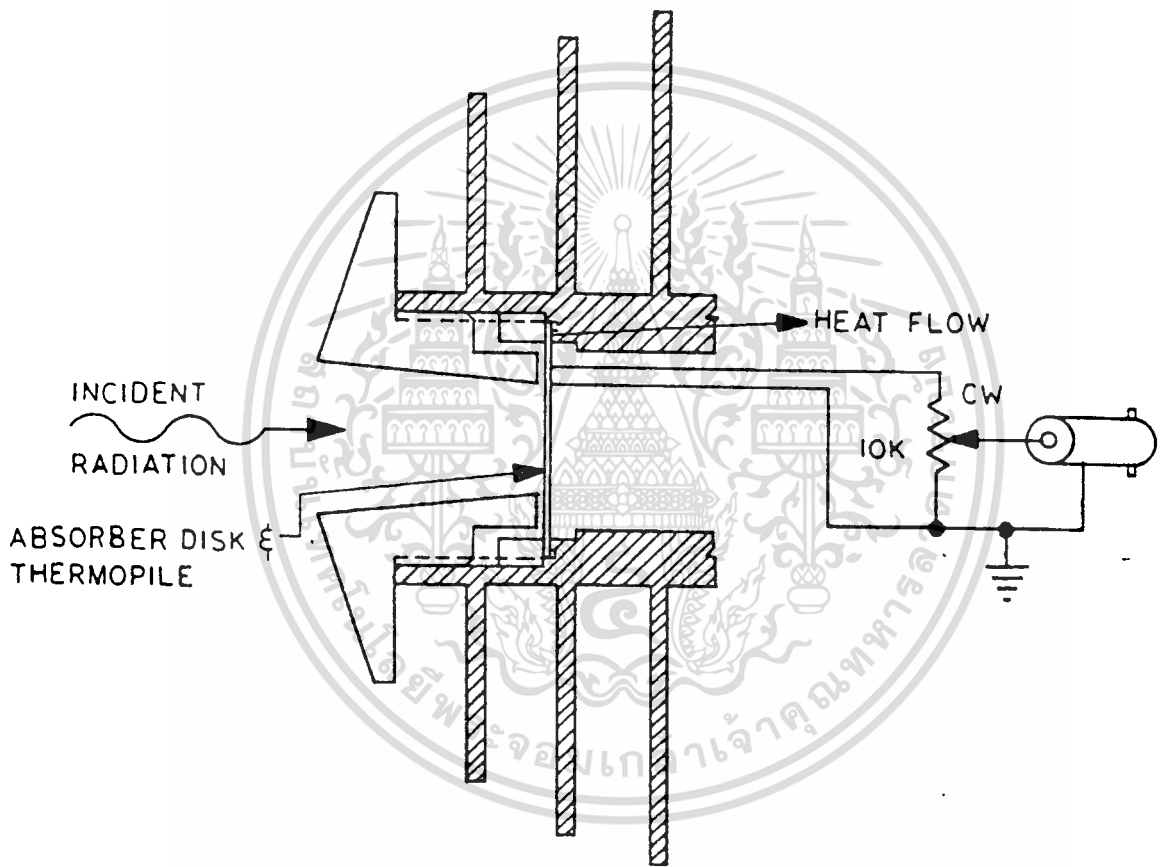


FIG. 2 SENSOR HEAD SCHEMATIC

THE MODEL 201 POWER METER

1.0 EQUIPMENT SPECIFICATIONS

Sensing Head

Sensor Type:	Thermal Disc ⁽¹⁾
Spectral Sensitivity:	300 nm to 30 μ m
Calibrated Output:	0.4 mV of incident radiation
Entrance Aperture:	2.3 cm
Sensor Diameter:	1.9 cm
Active Sensor Area:	2.8 cm ²
Maximum Power Dissipation:	100 watts continuous ⁽²⁾
Maximum Power Density at Sensor:	200 watts/cm ²
Cooling:	Convection

Meter Display

Meter Range Switch:	1, 3, 10, 30, 100 watts
Power Requirements:	105-130 or 210-260 volts AC 50-60 Hz or internal batteries, 2 each Mallory 304116, 12.6 Volts Battery Life: 150 hours, approx.
Recorder Output:	0 to 1 volt, with panel meter at full scale - 10K internal resistance.

System

Response Time:	0.9 second
Overall Accuracy:	\pm 5% at 10.6 microns with beam centered on sensor.

Accessories

Model 201-01	Range Extender
--------------	----------------

(1) U.S. Patent No. 3,596,514

(2) Extendable to 300-watts intermittently, with optional M201-01 range extender

SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.0 STANDARD POWER METERS AVAILABLE FROM COHERENT

You have chosen a Coherent™ 201 Power Meter. Coherent also offers a wide range of accurate laser power measurement instruments. These meters cover the spectral range from 300 nanometers to 30 micrometers (ultraviolet to infrared) and a power range from 0.1 microwatt to 1 kilowatt. This broad range capability makes this line of instruments uniquely suitable for a variety of laboratory, commercial, and industrial laser power measurement applications.

Should you wish to add further capability to meet your laser measurement needs, call your nearest Coherent office listed on Page 7.

SPECIFICATIONS

Specification	201	205	210	212	213
Sensor Type	Thermal Disc ⁽¹⁾	Thermal Disc ⁽¹⁾	Thermal Disc ⁽¹⁾	Silicon Cell	Thermal Disc ⁽¹⁾
Spectral Sensitivity	300 nm to 30 μ m	300 nm to 30 μ m	300 nm to 30 μ m	440 nm to 1.1 μ m	300 nm to 30 μ m
Meter Ranges	1, 3, 10, 30 & 100 watts	1, 3, 10, 30 & 100 watts	0.3, 1.0, 3.0 & 10.0 watts	0.1, 1.0, 10 & 100 μ watts ⁽⁵⁾ 1.0, 10.0 & 100 m watts ⁽⁵⁾	100, 300, 1000 watts
Recorder Output	0 to 1 volt	0 to 1 volt	—	0 to 1 volt 0 to 3 volts ⁽⁵⁾	0 to 1 volt
Response Time	< 1 second	< 1 second	< 1 second	20 μ s min.	< 1 second
Accuracy	\pm 5%	\pm 5%	\pm 5%	\pm 5%	\pm 5%
Aperture Diameter	1.90 cm	1.90 cm	1.81 cm ⁽²⁾	0.79 cm	3.71 cm
Head Diameter	15.24 cm	6.04 cm	6.30 cm	4.45 cm	7.62 cm
Active Sensor Area	2.54 cm ²	2.54 cm ²	2.54 cm ²	0.50 cm ²	9.61 cm ²
Maximum Power Dissipation	100 watts ⁽³⁾	20 watts	3/10 watts ⁽⁴⁾	0.5/10 watts ⁽⁶⁾	1000 watts
Maximum CW Power Density at Sensor	200 W/cm ²	200 W/cm ²	200 W/cm ²	1 W/cm ²	200 W/cm ²
Output Signal from Head	0.4 mV/W	0.4 mV/W	1 mV/W	N/A	1.5 μ V/W
Battery Operation	(2) Mallory 304116, 12.6V	(2) Mallory 304116, 12.6V	(4) MN1604 9V	(2) Mallory 304116, 12.6V	N/A
AC Operation	115 VAC/ 230 VAC (Switchable)	115 VAC/ 230 VAC (Switchable)	N/A	N/A	115 VAC/ 230 VAC (Switchable)

Notes: ¹U.S. Patent No. 3,596,514 ²Variable aperture Model 210-02 ³Range extender Model 201-01

⁴Heat dissipating light shield Model 210-01 ⁵Switchable times 1 to times 3 range ⁶Attenuator Model 212-01

SO 178.01.02
Edition 06/93

Turbomolecular Pump Systems for Sealed-Off Gas Laser Production

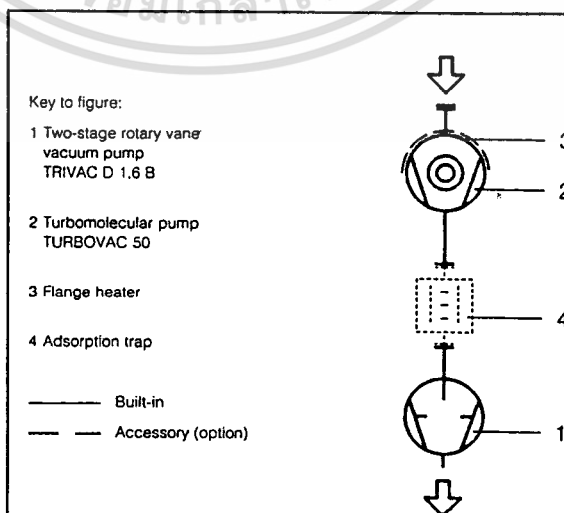
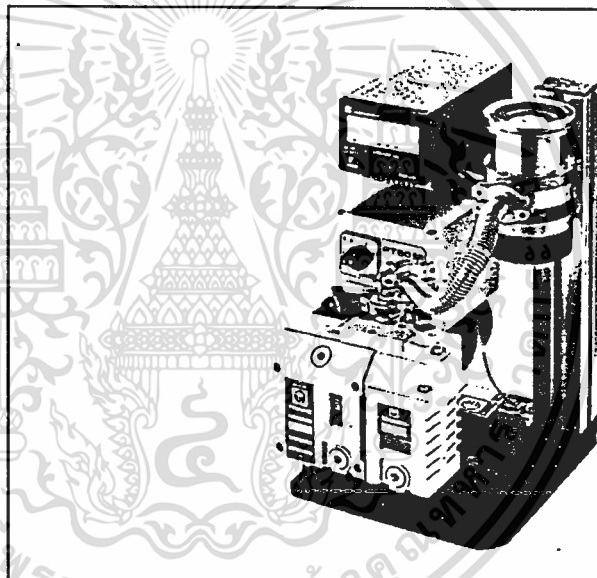
Turbomolecular pump systems are used in all cases where a high vacuum or an ultra-high vacuum is required which must be free of hydrocarbons:

- Spectroscopy
- Tube manufacturing
- Beam guidance systems
- Micro balances
- Sputtering and evaporation systems
- Surface physics
- Lab pump systems
- Sealed-off gas laser production

These turn-key turbomolecular pump systems are able to produce a high vacuum and an ultra-high vacuum which is free of hydrocarbons.

The special features of these pump systems are:

- Low ultimate pressure - free of hydrocarbons ($< 10^{-6}$ mbar)
- High effective pumping speed
- Compact unit
- Simple to operate
- Very reliable
- Service-friendly design



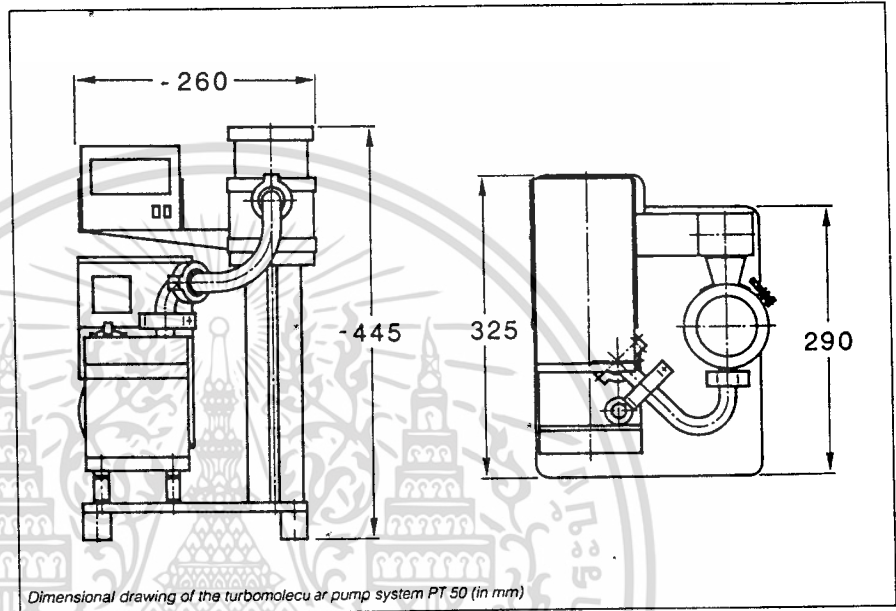
Vacuum diagram of the turbomolecular pump system PT 50

Turbomolecular pump system PT 50

Features:

- Components are base-plate mounted, forming a complete turn-key pump system ready for immediate operation
- Component controlling via a multi-function switch
- Pump systems are subjected to a functional test and a leak test
- Reliable protection against all commonly occurring faults such as cooling water failure, power failure, etc.
- The TURBOVAC 50 can easily be vertically adjusted or removed from the pump system if required

Turbomolecular pump systems featuring other pumping speeds or versions for operation in radiation hazard areas or for different mains voltages and frequencies are available upon request.



Ordering Information

	Cat.-No.
Turbomolecular pump system PT 50 DN 40 KF	012 31
Turbomolecular pump system PT 50 DN 63 ISO-K	012 30
Turbomolecular pump system PT 50 DN 63 CF	012 32
Flange heater DN 63 CF, 220 V	854 04
Air cooling unit for TURBOVAC 50, 220 V	854 05
LEYBOTRONIK I	013 10
Power unit for 013 10	on request
Additional accessories	on request

Technical Data

Turbomolecular pump		TURBOVAC 50	
High vacuum connection	DN	40 KF	63 ISO-K/63 CF
Pumping speed for N ₂	l x s ⁻¹	33	55
Compression for N ₂ /H ₂		2	10 ¹ /10 ²
Rotational speed of the pump	min ⁻¹		72,000
Rotary vane vacuum pump		TRIVAC D 1,6 B	
Nominal pumping speed acc. to PNEUROP	m ³ x h ⁻¹		1.75
Exhaust connection	DN		16 KF
Attainable ultimate pressure with FPM gasket	mbar		< 1 x 10 ⁻⁶
with aluminium or CF gasket	mbar		< 1 x 10 ⁻⁸
Mains connection, 50/60 Hz	V		220/240
Power consumption, approx.	kVA		0.5
Dimensions (W x H x D)	mm		260 x 445 x 325
Weight, approx.	kg		17

LEYBOLD AG

Vacuum Technology
Bonner Strasse 498
D-50 963 Cologne (Bayenthal)

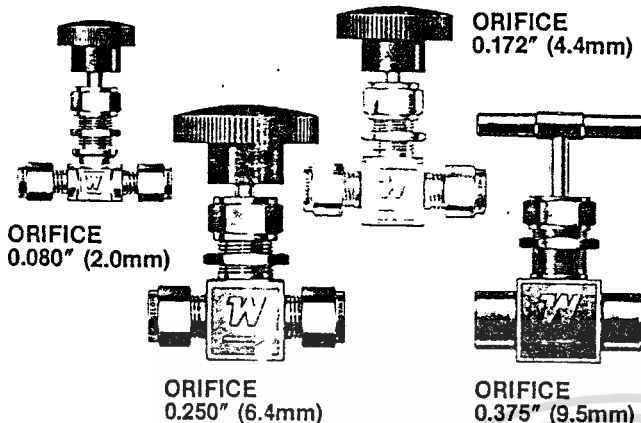
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ Tel: + 49 (2 21) 3 47 - 0 มอลนญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

Fax: + 49 (2 21) 3 47 - 12 50

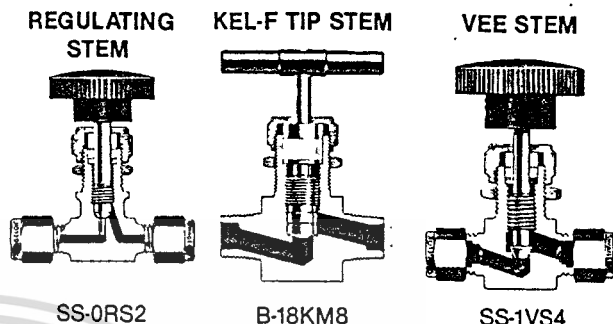
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WHITEY® FORGED BODY REGULATING & SHUT-OFF VALVES

FOUR ORIFICE SIZES



THREE STEM TYPES



PURPOSE

With a wide range of patterns, sizes, end connections and stem types available, WHITEY Forged Body Valves provide complete flexibility in any layout from miniaturized tubing to piping systems up to 1/2" (12mm). All can be supplied with SWAGELOK Tube Fitting connections as well as male and female pipe connections.

Interchangeable stems offer fine flow control combined with shut-off, and metal-to-metal or soft seat shut-off. Kel-F tip stems are recommended for positive, repetitive shut-off with thin gases and non-lubricating fluids, where operating conditions will permit.

Rugged, compact WHITEY Forged Body Valves afford exceptional versatility for ease of installation and exacting service.

OPERATION

All 0.375" (9.5mm) orifice valves open to full flow with 4 turns of the bar handle. All others use a phenolic knob and open to maximum flow with approximately 3 turns for Kel-F and vee stems and 8 to 9 turns for regulating stems.

APPLICATIONS

General purpose valves for regulating and shut-off of many gases and liquids • Non-critical vacuum to high pressure • Air lines • Test benches • Manifolds • Flow meters • Natural gas lines • Sampling lines • Control panels • Machine coolants • Drains • Vents • Pressure gauges • Chemical processing • Laboratory and research applications.

SPECIAL FEATURES

Integral bonnet construction • Machined, pure TFE cylinder packing, fully contained by metal • Adjustable packing that can be replaced without removing valve from system • Stainless steel stems in all valves except Monel • Rugged compact forged body • Straight, angle and cross patterns • Low operating torque • Color coded handles • Universal mounting nut standard • 100% factory tested • SWAGELOK or pipe end connections.

TECHNICAL DATA

ORIFICE		Cv	PRESSURE RATING @ 100°F (38°C)	TEMPERATURE RATING
in.	mm			
0.080	2.0	0.09	3000 PSI (20600 kPa)	200°F (93°C) with Kel-F tip stem
0.172	4.4	0.37		450°F (232°C) with Reg. & Vee stems, TFE packing (400°F [204°C] with brass or aluminum bodies)
0.250	6.4	0.73		
0.375	9.5	1.80		

MATERIALS

Body—Brass and carbon steel in 0.375" (9.5mm) orifice valves; brass, 316 stainless steel, aluminum, carbon steel and Monel in all others.

Stems—Type 316 stainless steel except Monel valves use Monel stems.

NOTE: A Kel-F tip stem is recommended for positive, repetitive shut-off where operating conditions will permit.

Handles—Black anodized aluminum bar handle on 0.375" (9.5mm) orifice valves; black molded phenolic knobs with cadmium plated hardened steel set screws on all others.*

NOTE: Bar handles and stem extensions can be supplied for all valves on special request.

Packing—Pure high density TFE cylinder machined from extruded solid rod.

Bottom Gland—302 stainless steel on 0.375" (9.5mm) orifice valves; type 316 stainless steel on all others except Monel valves use Monel.

All Wetted Parts—Same material as body.

*For color coded panels or systems, phenolic knobs are available in optional colors of red, orange, yellow, green, blue, maroon, brown and gray.

WHITEY® FORGED BODY REGULATING & SHUT-OFF VALVES

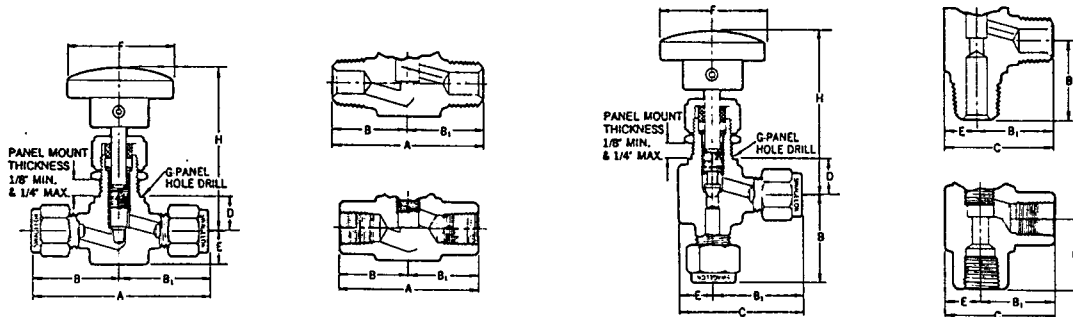


TABLE OF DIMENSIONS

FORGED BODY VALVES				CONNECTION SIZE		DIMENSIONS [Ⓞ]									
CATALOG NUMBER [Ⓞ]	STEM TYPE	ORIFICE		INLET	OUTLET	A	B	B ₁	C	D	E	F	G	H OPEN	H CLOSED
		in.	mm												
-0KF2 -0RF2 -0VF2	Kel-F Reg. Vee	0.080	2.0	½ Female NPT	½ Female NPT	1½	1⅞	1⅝	1½	7/16	9/32	1⅞	2⅞	2¼	2
-0KM2 -0RM2 -0VM2	Kel-F Reg. Vee	0.080	2.0	½ Male NPT	½ Male NPT	1½	¾	¾	1½	7/16	9/32	1⅞	2⅞	2¼	2
-0KM2-S2 -0RM2-S2 -0VM2-S2	Kel-F Reg. Vee	0.080	2.0	½ Male NPT	½ SWAGelok	1½	¾	1	1½	7/16	9/32	1⅞	2⅞	2¼	2
-0KS2 -0RS2 -0VS2	Kel-F Reg. Vee	0.080	2.0	½ SWAGelok	½ SWAGelok	2	1	1	1½	7/16	9/32	1⅞	2⅞	2¼	2
-1KF2 -1RF2 -1VF2	Kel-F Reg. Vee	0.172	4.4	½ Female NPT	½ Female NPT	1½	1⅞	1⅞	1⅞	9/16	3/8	1⅞	3⅞	2½	2¼
-1KM4 -1RM4 -1VM4	Kel-F Reg. Vee	0.172	4.4	½ Male NPT	½ Male NPT	1½	¾	¾	1½	9/16	3/8	1⅞	3⅞	2½	2¼
-1KM4-S4 -1RM4-S4 -1VM4-S4	Kel-F Reg. Vee	0.172	4.4	½ Male NPT	½ SWAGelok	2⅞	1	1½	1½	9/16	3/8	1⅞	3⅞	2½	2¼
-1KS4 -1RS4 -1VS4	Kel-F Reg. Vee	0.172	4.4	½ SWAGelok	½ SWAGelok	2⅞	1½	1½	1½	9/16	3/8	1⅞	3⅞	2½	2¼
-1KF4 -1RF4 -1VF4	Kel-F Reg. Vee	0.250	6.4	½ Female NPT	½ Female NPT	2½	1⅞	1⅞	1⅞	½	½	1⅞	2⅞	3	2¾
-1KM4-S6 -1RM4-S6 -1VM4-S6	Kel-F Reg. Vee	0.250	6.4	½ Male NPT	½ SWAGelok	2⅞	1	1⅞	1⅞	½	½	1⅞	2⅞	3	2¾
-1KM6 -1RM6 -1VM6	Kel-F Reg. Vee	0.250	6.4	½ Male NPT	½ Male NPT	2½	1	1	1	½	½	1⅞	2⅞	3	2¾
-1KS6 -1RS6 -1VS6	Kel-F Reg. Vee	0.250	6.4	½ SWAGelok	½ SWAGelok	2½	1⅞	1⅞	1⅞	½	½	1⅞	2⅞	3	2¾
-1KS8 -1RS8 -1VS8	Kel-F Reg. Vee	0.250	6.4	½ SWAGelok	½ SWAGelok	2⅞	1⅞	1⅞	1⅞	9/16	½	1⅞	2⅞	3	2¾
-18KF8 -18VF8	Kel-F Vee	0.375	9.5	½ Female NPT	½ Female NPT	3	1½	1½	2⅞	¾	1⅞	3	1½	3⅞	3½
-18KM8 -18VM8	Kel-F Vee	0.375	9.5	½ Male NPT	½ Male NPT	3	1½	1½	2⅞	¾	1⅞	3	1½	3⅞	3½
-18KS8 -18VS8	Kel-F Vee	0.375	9.5	½ SWAGelok	½ SWAGelok	3⅞	1⅞	1⅞	2⅞	¾	1⅞	3	1½	3⅞	3½
-18KS12 -18VS12	Kel-F Vee	0.375	9.5	½ SWAGelok	½ SWAGelok	3⅞	1⅞	1⅞	2⅞	¾	1⅞	3	1½	3⅞	3½

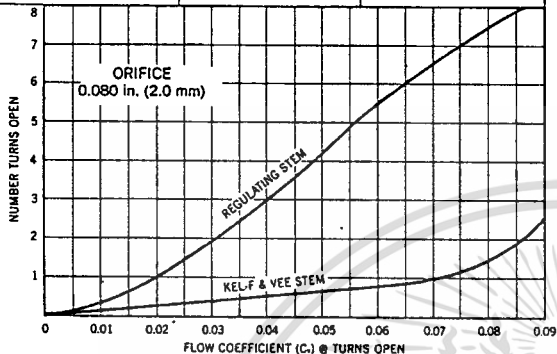
Ⓞ For a complete ordering number, add B for brass, SS for 316 stainless steel, A for aluminum, S for carbon steel or M for Monel as a prefix to the catalog number.
 Add -A as a suffix for angle pattern valves. Example: SS-0RF2, B-1RS8, M-1VS4, B-1VS4-A.
 Ⓞ Dimensions shown with SWAGelok nuts finger-tight, when applicable.

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

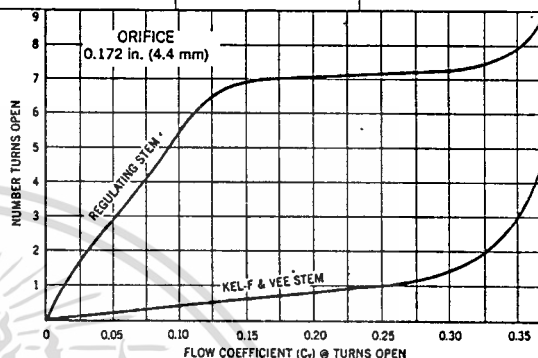
WHITEY® FORGED BODY REGULATING & SHUT-OFF VALVES

FLOW CAPACITY CURVES

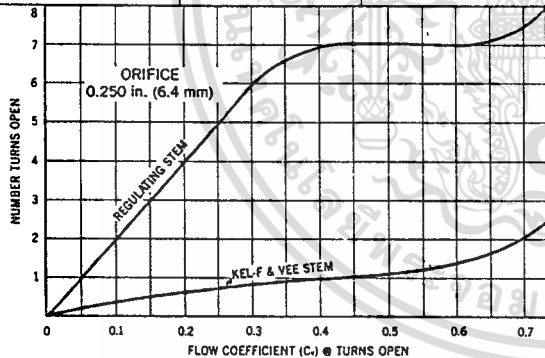
MAXIMUM FLOW FOR $C_v = 0.09$		
PRESSURE DROP TO ATMOSPHERE (ΔP) PSI	AIR SCFM @ 70°F (21°C)	WATER GPM @ 70°F (21°C)
10	1.28	0.29
50	3.41	0.64
100	6.04	0.90



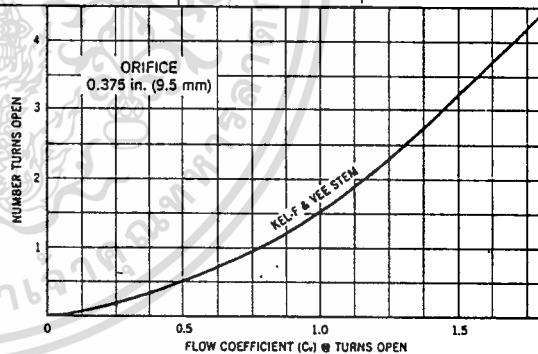
MAXIMUM FLOW FOR $C_v = 0.37$		
PRESSURE DROP TO ATMOSPHERE (ΔP) PSI	AIR SCFM @ 70°F (21°C)	WATER GPM @ 70°F (21°C)
10	5.14	1.17
50	14.01	2.62
100	24.84	3.70



MAXIMUM FLOW FOR $C_v = 0.73$		
PRESSURE DROP TO ATMOSPHERE (ΔP) PSI	AIR SCFM @ 70°F (21°C)	WATER GPM @ 70°F (21°C)
10	10.11	2.31
50	27.64	5.16
100	49.00	7.30



MAXIMUM FLOW FOR $C_v = 1.8$		
PRESSURE DROP TO ATMOSPHERE (ΔP) PSI	AIR SCFM @ 70°F (21°C)	WATER GPM @ 70°F (21°C)
10	25.04	5.69
50	68.16	12.73
100	120.83	18.00

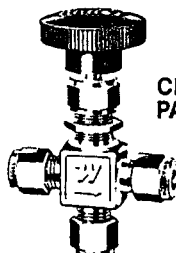


VARIETY OF PATTERNS, END CONNECTIONS AND MATERIALS



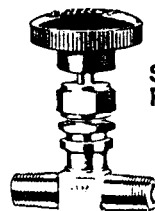
ANGLE PATTERN

A-1VM6-S6-A



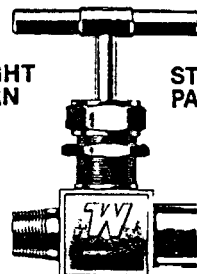
CROSS PATTERN*

SS-1VS4-X



STRAIGHT PATTERN

M-0VM2



STRAIGHT PATTERN

S-18VM8-F8

*NOTE: Uninterrupted flow between side ports at all times. On-off or metered flow thru bottom port.

WHITEY CO. • 318 Bishop Road • Highland Heights, Ohio 44143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIAMOND Laser Shines when Cutting Intricate Patterns

Coherent's new, compact, sealed DIAMOND CO₂ laser defines a new standard in precision cutting of thin metals, such as steel, inconel and titanium.

The DIAMOND's superior capabilities for intricate cutting result from an integrated set of features termed Brilliance™. Specifically, Brilliance results from three factors:

- small spot size
- high peak power
- square-wave pulse shape.

Brilliance—The Key to DIAMOND-Sharp Cutting

The new DIAMOND laser utilizes slab discharge geometry, together with proprietary coupling optics to deliver

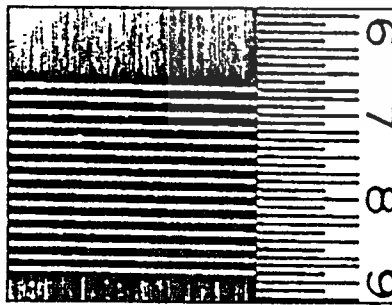


Figure 1. Brilliance leads to cuts with a finer kerf width and a smaller HAZ, as seen in this photograph of 0.025-inch thick mild steel processed with a 150W DIAMOND laser (the scale on the right is in hundredths of an inch).

output mode quality ($M^2 < 1.5$) unparalleled by other industrial CO₂ lasers. The resulting small focused spot yields the narrow kerfs necessary when cutting intricate patterns.

The DIAMOND's ability to supply high peak power with a controllable pulse shape further enables production of parts with fine detail. Specifically, these characteristics allow the DIAMOND to cut a piece with sharp points or fine detail, without melting those points or details.

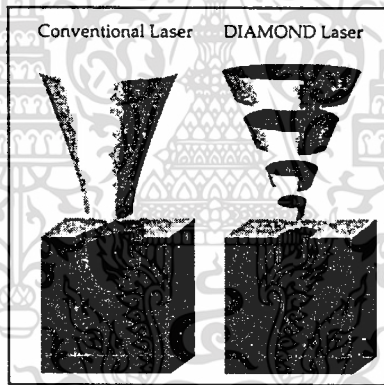


Figure 2. Brilliance combines small spot size and intense, high-frequency square pulses to enable intricate cutting.

The DIAMOND's high peak power and pulsing characteristics also eliminate undesirable thermal effects present when using other CO₂ lasers. Because the DIAMOND delivers most of its power above the material cutting threshold in a small spot, the heat affected zone

(HAZ) is minimized. A small HAZ reduces the occurrence of recast layers—resolidified metal which isn't structurally as strong as the original. All this results in a finished piece which is less susceptible to cracks and microfractures, even under extreme temperature cycle conditions.

The DIAMOND—Positioned for Accuracy and Economy

The compact design of the DIAMOND laser toolpiece allows it to be mounted directly above the work. This means greater positional accuracy because the beam isn't traveling over a large distance, through complex or expensive optics. The rugged, hard-sealed laser maintains alignment, and therefore output power and beam quality, even when subject to motion and vibration.

DIAMOND's design also leads to remarkably low operating costs, due to its reliability and the elimination of gas bottles and pumps.

If you need to cut fine details, use a laser which eliminates the rough edges. For detailed information on the DIAMOND, please call 1-800-527-3786, or fax 1-800-362-1170.

CO₂ Lasers Take the Low-Power Route

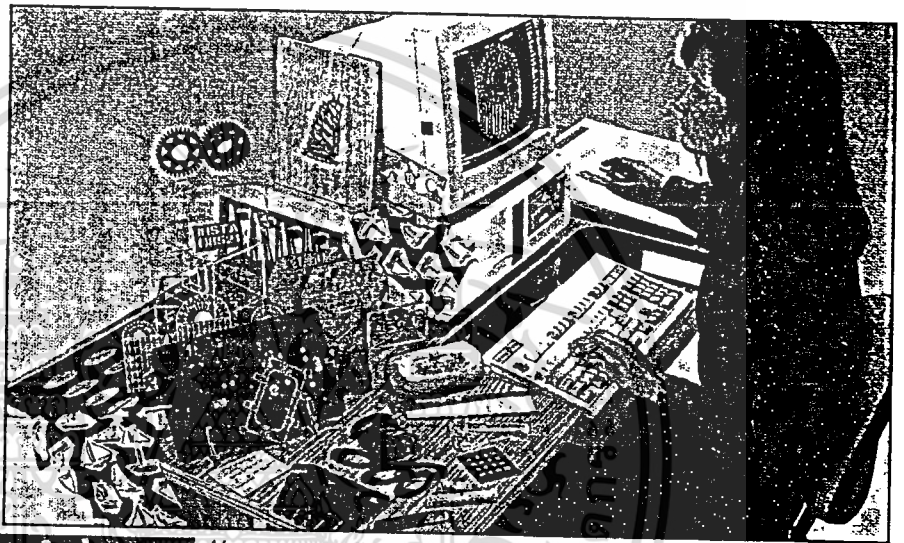
Small, user-friendly carbon dioxide lasers are finding a diverse range of new applications.

by Peter Gwynne
Editor

The carbon dioxide laser industry has entered a period of change. In the past, the typical CO₂ laser was a high-power piece of equipment used for industrial operations such as cutting and welding metals and processing ceramics. Now, low-power sealed-tube CO₂ lasers are reaching the market. They don't compete with the industrial behemoths. Rather, they are seeking, and finding, a wide variety of new applications.

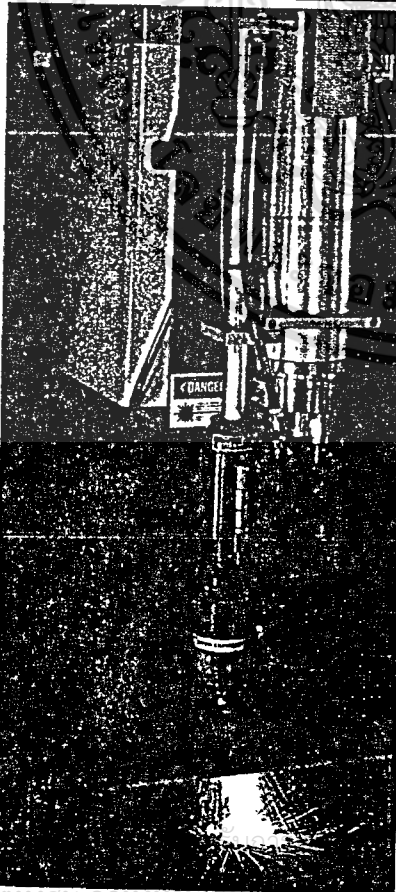
Besides low-power, sealed CO₂ lasers have small footprints and an abundance of user-friendliness. They are emerging in marking, cutting on the small scale, engraving and similar light industrial applications.

Industrial CO₂ lasers in the kilowatt power range and up remain in demand, particularly in Europe. Another relatively new type of CO₂ laser, the transversely excited atmosphere (TEA) laser, is finding industrial applications and scientific uses (see opposite). But the greatest promise of new applications comes from sealed-tube CO₂ devices. According to market-research company Frost & Sullivan, these configurations are only just beginning to reach their market poten-



Above, controlled via desktop personal computers and software such as AutoCAD and CorelDRAW!, Synrad sealed carbon dioxide lasers process a wide variety of parts.

At left, a Coherent Diamond CO₂ laser in action.



tial, even though the overall CO₂ laser market is one of the most mature in the laser industry.

The need to find new uses for CO₂ lasers stems from the current state of the industry. "It's very much a price-driven market," explained Terry Vanderwert, marketing manager of Lumonics Corp.'s Laserdyne Div. in Eden Prairie, Minn. "Cutting prices is a problem, owing to the small quantities involved. The so-

lution is to seek new uses."

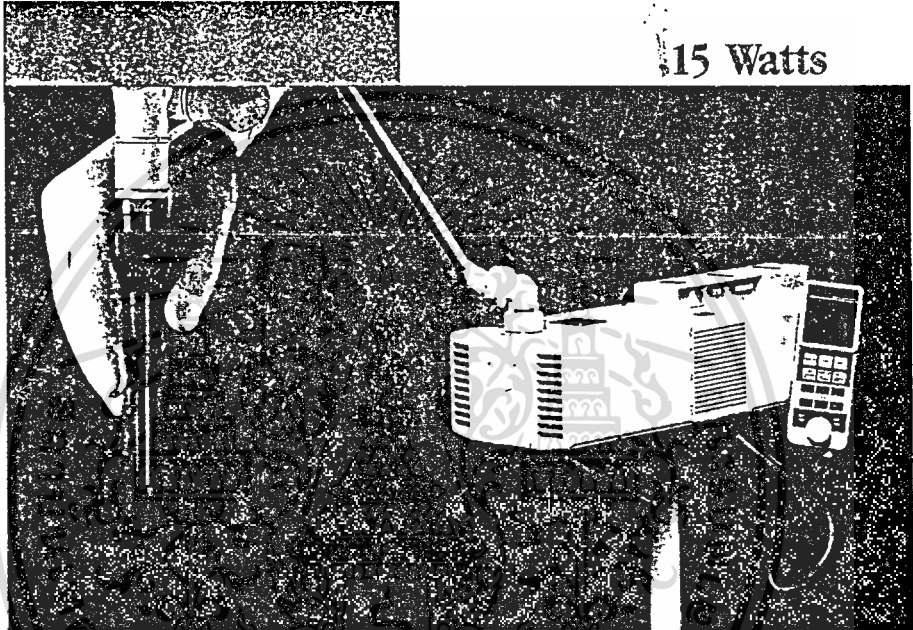
Beyond price, a significant factor in ensuring the success of any new application of CO₂ lasers is ease of operation. "User-friendliness is certainly one of the keys," declared Vanderwert.

Removing complexity

That's particularly true in small, self-contained CO₂ lasers, a market in which the Coherent Inc. Laser Group (Santa Clara, Calif.) and Synrad (Bothell, Wash.) are the major US players. "Both Coherent and Synrad are removing the complexity of laser processing," explained Paul Crosby, director of the CO₂ business unit at Coherent. "The complexity for the manufacturer moves back to the software. The laser becomes a 'user-transparent tool.'" That's important, because buyers of the devices are often nontechnical and generally untrained in using lasers.

CO₂ Laser Surgical System

niic 15



*Serving the medical community with
innovative and dependable laser technology
for more than a decade.*

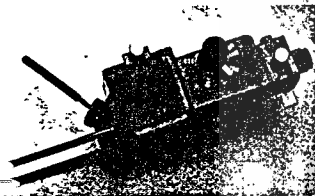
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The first portable Sealed-off CO₂ Laser that brings the quality of a hospital laser into your office featuring:

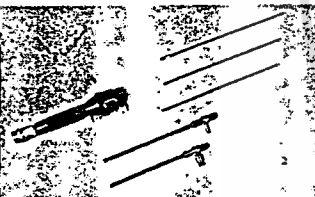
- 15 watts to tissue
- TEM₀₀ • NIIC super pulse
- 7-knuckle articulated arm
- Compact, with its own carrying case



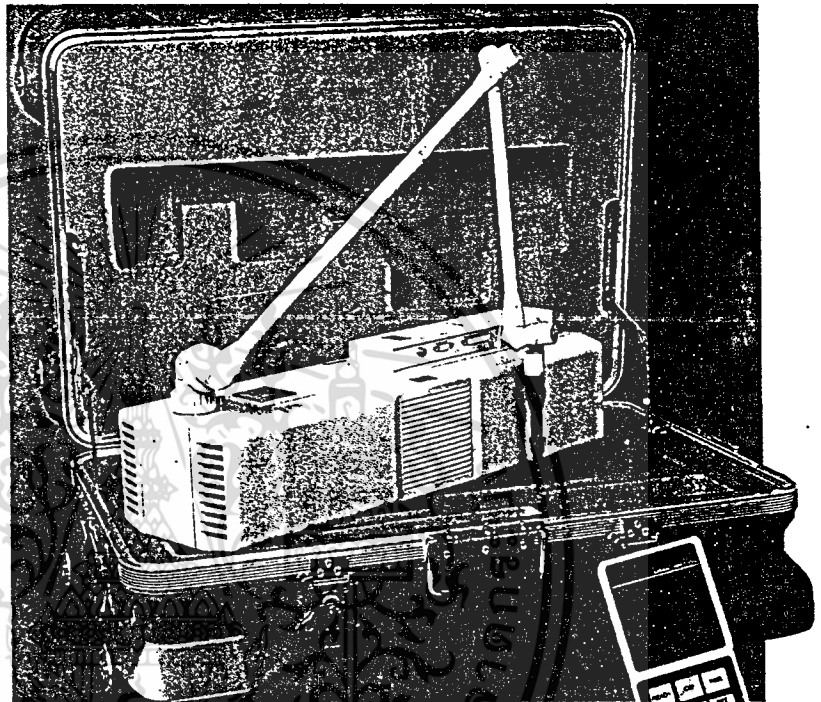
HANDPIECE
Variable Spot Size
0.1 mm-2.0 mm



MICROMANIPULATOR
Variable Spot Size
Variable Focal Distance
200 mm-450 mm
Adapts to all major
microscopes and
colposcopes.



RIGID WAVEGUIDE*
for arthroscopy,
laparoscopy



SPECIFICATIONS

Laser Type	CO ₂ Laser
Wavelength	10.6 microns
Output Power	Continuously variable 1-15 watts at tissue
Oscillation Mode	TEM ₀₀
Exposure Mode	Single pulse, Repeat pulse, Continuous, Super pulse
Exposure Time	0.1-9.9 seconds and continuous
Beam Delivery System	Seven-knuckle articulated arm
Aiming Beam	He-Ne Laser 0.8 mW
Cooling System	Forced air cooling
Electrical Input	100-120 Volt 4 Amp maximum 50-60 Hz Single phase
Safety System	Self-monitoring system
Dimensions	180(w) × 130(h) × 550(l) (mm) 7"(w) × 5"(h) × 23.6"(l) (inch)
Weight	33 lbs. (15.0 kg)

*Luxar Endoguide™ pictured



NIIC NIPPON INFRARED INDUSTRIES CO., LTD.

JAPAN(head office)

232 SAKADO, TAKATSU-KU, KAWASAKI-SHI, KANAGAWA-KEN, JAPAN 213

■ Tel:(044)811-6321 ■ Fax:(044)822-0020 ■ Telex:3842202 NIIC J

NIIC U.S.A. 1460 SEAPORT COURT REDWOOD CITY CA94063

■ Tel.(415)368-2225 ■ Fax.(415)368-2358

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่ควรนำออกจำหน่าย

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องยังต้องแจ้งเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายสมศักดิ์ ชีระวัฒน์สุข เกิดเมื่อวันที่ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2511 สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด) เมื่อปีการศึกษา 2532 และได้เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2535 มีผลงานทางวิชาการที่ได้รับการยอมรับ และตีพิมพ์นอกเหนือจากวิทยานิพนธ์คือ การศึกษาอัตราส่วนระหว่างกำลังต่อระยะคิซฮาร์จของคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบหลอดปิด นอกจากนี้ยังมีประสบการณ์ในการวิจัยเกี่ยวกับเลเซอร์ชนิดอื่นๆ ได้แก่ ดายเลเซอร์ (Dye laser) ซึ่งเป็นวิทยานิพนธ์ในสมัยที่ยังศึกษาในระดับปริญญาตรี ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด) , นีโอดีเมียมเย็กเลเซอร์ (Nd:YAG laser) , ไนโตรเจนเลเซอร์แบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศ (TEA-N₂ laser) , อาร์กอนเลเซอร์ (Ar laser) , เลเซอร์ไดโอด และคาร์บอนไดออกไซด์เลเซอร์แบบกระตุ้นตามขวางที่ความดันบรรยากาศ (TEA-CO₂ laser) นอกจากนี้ยังมีประสบการณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์แรงดันสูง (High Voltage Electronics) ด้วย และเป็นผู้ออกแบบฮีเลียมนีออนเลเซอร์ (He-Ne laser) รุ่น GL-9 ซึ่งมีจำหน่ายในปัจจุบัน ในระหว่างการศึกษาก็ได้ทำงานในตำแหน่งผู้ช่วยนักวิจัย ที่ห้องปฏิบัติการเลเซอร์ แห่งศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ หรือศูนย์ NECTEC ซึ่งมีที่ทำการอยู่ที่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (บางมด)