กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

DIGITAL USB MICROSCOPE

นาย ชานวัฒน์ พรหมรักษ์

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

DIGITAL USB MICROSCOPE

นาย ชินวัฒน์ ทองบรรเทิง

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2557

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL USB MICROSCOPE

Mr. CHINNAWAT THONGBANTERNG

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIRMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE

IN APPLIED PHYSICS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

DEPARTMENT OF PHYSICS FACULTY OF SCIENCE

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

ACADEMIC YEAR 2014

หัวข้อโครงงานพิเศษ	กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล DIGITAL USB MICROSCOPE
ชื่อนักศึกษา	นายชินวัฒน์ ทองบรรเทิง รหัสนักศึกษา 54050509
ปริญญา	วิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์
ภาควิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุรชาติ กมลดิลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิทยาศาสตรบัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์ ประจำปีการศึกษา 2557

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.ประธาน บุรณศิริ	
อ.กีรยุทธ์ ศรีนวลจันทร์	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง	
อ.สุรชาติ กมลดิลก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงงานพิเศษ	กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล DIGITAL USB MICROSCOPE
ชื่อนักศึกษา	นายชินวัฒน์ ทองบรรเทิง รหัสนักศึกษา 54050509
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต ฟิสิกส์ประยุกต์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2557
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุรชาติ กมลดิลก

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษฉบับนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบและสร้างกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วยเลนส์ใกล้วัตถุกับเลนส์ใกล้ซีซีดีเซนเซอร์(เลนส์ใกล้ตา) โดยที่เลนส์ใกล้วัตถุทำหน้าที่ขยายภาพตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นกว่าเดิมซึ่งให้ภาพจริง โดยตำแหน่งของภาพจะปรากฏที่เลนส์ใกล้ซีซีดีเซนเซอร์ทำให้เกิดภาพที่มีขนาดขยายทำให้มองเห็นภาพได้ชัดเจน กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลสามารถตรวจสอบวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กได้ และได้ออกแบบให้มีขนาดเล็ก ระบบไร้สาย น้ำหนักเบา พกพาสะดวกและมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลนี้ให้กำลังขยายได้ขนาดถึง 100 เท่า

คำสำคัญ : กล้องจุลทรรศน์, ซีซีดีเซนเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title	DIGITAL USB MICROSCOPE
Students	Chinnawat Thongbanterng Student ID 54050509
Degree	Bachelor of Science in Applied Physics
Department	Physics
Academic Year	2014
Advisor	Mr.Surachart Kamoldilok

ABSTRACT

The goals of the special project are learning to design and build the Digital USB Microscope can be used in forensic science process, comprising objective lens and lens close CCD sensor (eyepiece). The objective lens enlarge preview to act bigger, which provides real image. By positioning. It appears to the lens close CCD sensor, causing the image size is expanded made clearer picture. The digital USB microscope can be used to investigate a tiny material evidence. The camera has a high magnification. This microscope was designed to small, Wi-Fi, lightweight, portable and low cost. The images of the microscope can be magnificated to 100 times.

Keywords: Microscope, CCD sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความเมตตากรุณาและการสนับสนุนจากอาจารย์สุรชาติ กมลดิลก ที่ให้โอกาสในการทาโครงงานพิเศษนี้ รวมทั้งให้คาแนะนำคำปรึกษาและการช่วยเหลือต่างๆ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งใจเป็นอย่างยิ่งและกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วราวุฒิ เถาลัดดา เป็นอย่างสูง ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือ และห้องปฏิบัติการในการสร้างเครื่องมือ

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านในภาคฟิสิกส์ประยุกต์ที่ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ด้านต่างๆให้ และให้โอกาสที่ดีในการศึกษาหาความรู้

ขอขอบพระคุณภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณเพื่อน พี่ และน้องทุกคนที่อยู่ร่วมกันทั้งในเวลาทำโครงงานและนอกเวลาทำโครงงานที่คอยเป็นกำลังใจและคอยช่วยเหลือทุกๆด้าน ขอบคุณขอบครัวของผู้ศึกษาที่เป็นแรงสนับสนุนหลัก เป็นแรงผลักดัน ให้การศึกษาและให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

นาย ชินวัฒน์ ทองบรรเทิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย/ปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	1
1.4 ขั้นตอนของการวิจัยและวิธีการดาเนินงาน	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน	3
2.1.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสง	3
2.1.2 ชนิดของเซนเซอร์รับแสงและคุณภาพของภาพ	7
2.1.2.1 ชนิดของเซนเซอร์รับแสง	8
2.1.2.2 Dynamic Range (คุณภาพในการรับแสง)	9
2.1.3 กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)	10
2.1.3.1 กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสง (Light Microscope: LM)	10
2.1.3.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	12
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย	14
3.1 การศึกษาข้อมูลเพื่อออกแบบกล้อง Digital USB Microscope เพื่อให้เห็นวัตถุพยานที่มีขนาดเล็ก	14
3.1.1 ขั้นตอนการสร้างกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล	15
3.1.2 อุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย	22
3.1.3 คำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์	24
3.2 ออกแบบการทดลอง	25
3.3 วิธีการทดลอง	25
3.3.1 การทดลองตอนที่ 1.1 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า	27
3.3.2 การทดลองตอนที่ 1.2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้า และนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้าที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3.3 การทดลองตอนที่ 1.3 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า 30

3.3.4 การทดลองตอนที่ 1.4 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้าที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า 30

บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 31

4.1 สเปคของกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล 31

4.2 ผลการทดลอง 31

4.3 อุปสรรคในการทดลอง 41

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 42

5.1 สรุปผลการทดลอง 42

5.2 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น 42

บรรณานุกรม 43

ภาคผนวก 44

ภาคผนวก ก 45

ภาคผนวก ข 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน	2
3.1 รูปภาพที่ได้จากการทดลองดูตัวอย่างต่างๆที่ใช้เลนส์ใกล้วัตถุ SP 10/0.25	25
4.1 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า	31
4.2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้า ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า	31
4.3 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า	36
4.4 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้า ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงทิศทางของมุมตกกระทบและมุมสะท้อนของแสง	3
2.2 เลนส์นูนแบบต่างๆ	4
2.2.1 เลนส์นูนสองด้าน (Double Convex Lens)	4
2.2.2 เลนส์นูนแกมราบ (Plano Convex Lens)	4
2.2.3 เลนส์นูนแกมเว้า (Concavo Convex Lens)	4
2.3 เลนส์เว้าแบบต่าง ๆ	5
2.3.1 เลนส์เว้า 2 ด้าน (Double Concave Lens)	5
2.3.2 เลนส์เว้าแกมราบ (Plano Concave Lens)	5
2.2.3 เลนส์เว้าแกมนูน (Convex Concave Lens)	5
2.4 เลนส์นูน	6
2.5 เลนส์เว้า	6
2.6 Image Sensor	7
2.7 CCD (Charge-Coupled Device)	8
2.8 CMOS (Complementary Metal Oxide)	8
2.9 FEVON X3	9
2.10 กล้องจุลทรรศน์อย่างง่ายหรือแว่นขยาย	10
2.11 กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน (Compound Light Microscope)	10
2.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope: TEM)	12
2.13 กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM)	13
3.1 การจัดเรียงอุปกรณ์กล้อง Digital USB Microscope	14
3.1.1 ขั้นตอนการทดลองหากำลังขยายของเลนส์	15
3.1.2 ระยะของเลนส์ตั้งอยู่ที่ระยะ 10 เซนติเมตร	16
3.1.3 ระยะของวัตถุตั้งอยู่ที่ระยะ 0 เซนติเมตร	16
3.1.4 ภาพที่ชัดที่สุดบนฉากรับภาพอยู่ที่ระยะ 20.2 เซนติเมตร	17
3.1.5 แบบแผ่นอะคริลิกของกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล	18
3.1.6 การติดตั้งโฟกัสเซอร์	18
3.1.7 ข้อต่อระหว่างเลนส์กับโฟกัสเซอร์	19
3.1.9 ข้อต่อระหว่างเลนส์กับกล้อง Pro Cam Sport HD 1080p WIFI Camera	19
3.1.10 ข้อต่อระหว่างระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุกับเลนส์เว้า	20
3.1.11 อุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟที่ได้ทำการบัดกรีลงแผ่นปริ้นเรียบร้อยแล้ว	20
3.1.12 แผ่นอะคริลิกขาวที่ตัดเพื่อกระจายแสงจากไดโอดเปล่งแสงส่วนล่าง	21
3.1.13 กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.2.1 Pro Cam Sport HD 1080p WIFI Camera	22
3.2.2 Orion 13031 Basic 1.25-Inch Rack-and-Pinion Telescope Focuser	22
3.2.3 เลนส์ (Lens)	23
3.2.4 ไดโอดเปล่งแสง (LED)	23
3.2.5 ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer)	24
3.2.6 อุปกรณ์ย่อยที่ใช้ในงานวิจัย	24
3.3.1 จุดเชื่อมต่อของกล้องเข้ากับคอมพิวเตอร์	28
3.3.2 หน้าต่างโปรแกรม CyberLink YouCam 6	29
3.3.3 การเชื่อมต่อกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลผ่านทาง Wi-Fi	29
3.3.4 ไอคอน iSmart DV	30
3.3.5 หน้าต่างโปรแกรม iSmart DV	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ในปัจจุบันได้เกิดปัญหาทางด้านอาชญากรรมขึ้นมากมาย การที่จะเอาตัวผู้กระทำผิดที่แท้จริงมาลงโทษจึงต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานมายืนยันให้สามารถพิสูจน์ความผิดได้อย่างชัดเจน จึงต้องนำเอาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีต่างๆ มาพัฒนาใช้ในการตรวจพิสูจน์หลักฐานต่างๆให้ได้ผลที่ถูกต้องแท้จริงตามหลักวิทยาศาสตร์ ซึ่งได้ผลอย่างดียิ่งในการสืบสวนติดตามหาคนร้ายต่างๆ โดยการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่ค้นคว้าวิจัยและผลิตขึ้นอย่างทันสมัย ผสานกับหลักนิติวิทยาศาสตร์นี้ ให้บรรลุผลได้เป็นอย่างมาก จากประโยชน์ดังกล่าวข้างต้น จึงมีการนำเอานิติวิทยาศาสตร์มาใช้ในขอบเขตโดยทั่วไป เช่น การตรวจทางชีววิทยา (Biological Trace Evidence) ตรวจเส้นผมในการตรวจพิสูจน์บนวัตถุพยาน การตรวจสถานที่เกิดเหตุและการถ่ายรูป (Crime Scene Investigation and Forensic) เป็นต้น และยังต้องอาศัยความชำนาญของผู้ชำนาญในการตรวจพิสูจน์ เพื่อให้งานตรวจพิสูจน์ถูกต้องและมีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

การถ่ายภาพในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของการตรวจโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ นับว่าเป็นสิ่งหนึ่งที่จะทำให้ได้ผลการตรวจพิสูจน์ที่มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น โดยกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลช่วยให้ดูและบันทึกภาพขยายเก็บไว้ในคอมพิวเตอร์หรือSmart Phoneได้ทันทีสามารถดูสิ่งมีชีวิตเล็กๆ, เช็คผิว,เส้นผม,ตรวจผ้า,พื้นผิว และอีกหลายๆอย่าง พร้อมไฟแอลอีดีช่วยในการดูได้ง่ายขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานของ CCD Sensor
2. เพื่อศึกษาการออกแบบกล้องจุลทรรศน์
3. เพื่อศึกษาค่าทางยาวโฟกัสต่างๆของเลนส์
4. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้เชี่ยวชาญด้านงานตรวจพิสูจน์ ในการตรวจสอบวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุ และในห้องปฏิบัติการ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัยขั้น

1. เพื่อสร้างกล้อง Digital USB Microscope ที่สามารถใช้ในการตรวจสอบวัตถุพยานในสถานที่เกิดเหตุและในห้องปฏิบัติการได้
2. เพื่อศึกษาค่าทางยาวโฟกัสต่างๆของเลนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

1. แผนการดำเนินงาน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆได้ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เสนองานวิจัย

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษารายละเอียด ทฤษฎี และข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องการงานวิจัย

ขั้นตอนที่ 3 ตั้งสมมติฐาน และเตรียมการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 ทำการทดลองและประเมินผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 5 ปรับปรุงการทดลองในส่วนที่ผิดพลาด

ขั้นตอนที่ 6 สรุปการทำวิจัย และแนวทางในการพัฒนาต่อในอนาคต

2. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน

เดือน / ลำดับ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
ขั้นตอนที่ 1										
ขั้นตอนที่ 2										
ขั้นตอนที่ 3										
ขั้นตอนที่ 4										
ขั้นตอนที่ 5										
ขั้นตอนที่ 6										

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับค่าทางยาวโฟกัสต่างๆของเลนส์
2. เพิ่มทักษะความรู้ทางด้านเทคโนโลยีทางแสงและการประยุกต์เพื่อสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย
3. ผู้เชี่ยวชาญในงานตรวจพิสูจน์ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์
4. ได้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการตรวจพิสูจน์หลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีพื้นฐาน

2.1.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสง

แสงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ หรือเป็นคลื่นเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในช่วงที่สามารถมองเห็นได้ คือ อยู่ในย่านความถี่ 3.8× 1014 เฮิรตซ์ ถึง 7.5× 1014 เฮิรตซ์ แสงเคลื่อนที่ในสุญญากาศด้วยอัตราเร็ว 3 x 108 m/s ส่วนในตัวกลางอื่นๆอัตราเร็วของแสงจะเปลี่ยนไปโดยมีค่าขึ้นกับดัชนีหักเหของแสงในตัวกลางนั้นๆ ถ้าให้ n แทนดัชนีหักเห (Refractive Index) ของตัวกลางใด ๆ

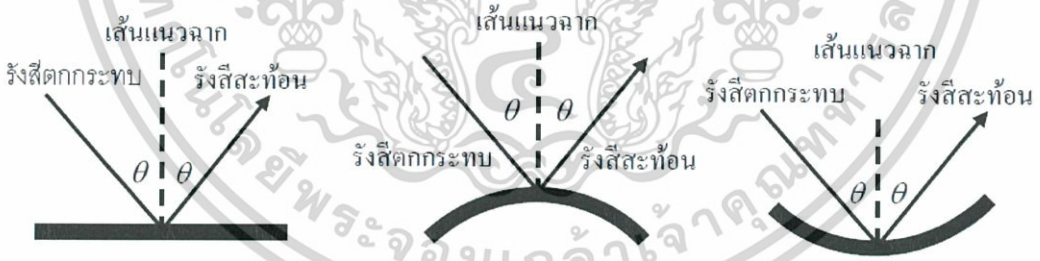
$$v = \frac{c}{n}$$

เมื่อ v = อัตราเร็วแสงในตัวกลาง

c = อัตราเร็วแสงในสุญญากาศ

การสะท้อนของแสง (Reflection of light)

เมื่อรังสีของแสงตกกระทบผิววัตถุทึบแสงที่ผิวมันวาวหรือวัตถุที่มีความสามารถในการสะท้อนแสงได้ แสงจะเกิดการสะท้อนถ้าเราลากเส้นตั้งฉากกับผิววัตถุนั้นเส้นตั้งฉากที่ลากนี้เรียกว่าเส้นแนวฉากและเรียกมุมที่รังสีตกกระทบกับเส้นแนวฉากว่ามุมตกกระทบมุมที่รังสีสะท้อนกับแนวฉากเรียกว่ามุมสะท้อนดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงทิศทางของมุมตกกระทบและมุมสะท้อนของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎการสะท้อนของแสง (Law of Reflection)

1. ณ ตำแหน่งที่แสงตกกระทบ รังสีตกกระทบ เส้นแนวฉาก และรังสีสะท้อนอยู่ในระนาบเดียวกัน

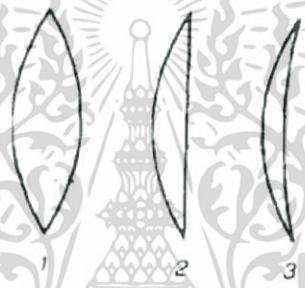
2. มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อนมีขนาดเท่ากัน

การหักเหของแสงผ่านเลนส์

เลนส์ คือ ตัวกลางโปร่งใสที่มีผิวหน้าเป็นผิวโค้ง ผิวโค้งของเลนส์อาจจะมีรูปร่างเป็นพื้นผิวโค้งทรงกลม ทรงกระบอก หรือ พาราโบลาก็ได้ เลนส์แบบง่ายสุดเป็นเลนส์บางที่มีผิวโค้งทรงกลม โดยส่วนหนาสุดของเลนส์จะมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับรัศมีความโค้ง เลนส์แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ เลนส์นูน (Convex lens) กับเลนส์เว้า (Concave lens)

เลนส์นูน คือ เลนส์ที่มีตรงกลางหนากว่าตรงขอบเสมอ เมื่อผ่านลำแสงขนานเข้าหาเลนส์จะทำให้รังสีตีบเข้าหากัน และไปตัดกันจริงที่จุดโฟกัสจริง (Real focus)

มีเลนส์นูนแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 เลนส์นูนแบบต่าง ๆ

เลนส์นูนสองด้าน (Double Convex Lens) ดังรูปที่ 2.2.1

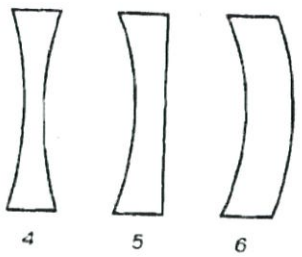
เลนส์นูนแกมราบ (Plano Convex Lens) ดังรูปที่ 2.2.2

เลนส์นูนแกมเว้า (Concavo Convex Lens) ดังรูปที่ 2.2.3

เลนส์เว้า คือ เลนส์ที่มีตรงกลางบางกว่าตรงขอบเสมอ เมื่อผ่านลำแสงขนานเข้าหาเลนส์จะทำให้รังสีถ่างออกจากกันและ ถ้าต่อแนวรังสี จะพบว่ารังสีจะไปตัดกันที่จุดโฟกัสเสมือน (Virtual focus)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีเลนส์เว้าแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 เลนส์เว้าแบบต่าง ๆ

เลนส์เว้า 2 ด้าน (Double Concave Lens) ดังรูปที่ 2.3.1

เลนส์เว้าแกมราบ (Plano Concave Lens) ดังรูปที่ 2.3.2

เลนส์เว้าแกมนูน (Convex Concave Lens) ดังรูปที่ 2.3.3

สูตรที่ใช้ในการคำนวณสำหรับเลนส์มีดังนี้

สูตรหาตำแหน่งภาพ

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{s} + \frac{1}{s'}$$

เมื่อ f = ความยาวโฟกัสของเลนส์

S = ระยะวัตถุ

S' = ระยะภาพ

ความยาวโฟกัส เลนส์นูนเป็นบวก เลนส์เว้าเป็นลบ

ระยะวัตถุ วัตถุอยู่หน้าเลนส์ระยะวัตถุเป็นบวก วัตถุอยู่หลังเลนส์ระยะวัตถุเป็นลบ

ระยะภาพ ภาพอยู่หลังเลนส์ระยะภาพเป็นบวก ภาพอยู่หน้าเลนส์ระยะภาพเป็นลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูตรกำลังขยาย (ไม่พิจารณาเครื่องหมาย)

$$m = \frac{i}{o} = \frac{s'}{s}$$

เมื่อ m = กำลังขยาย

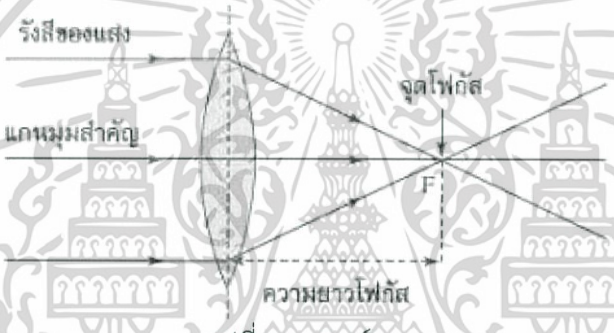
i = ขนาดภาพ

o = ขนาดวัตถุ

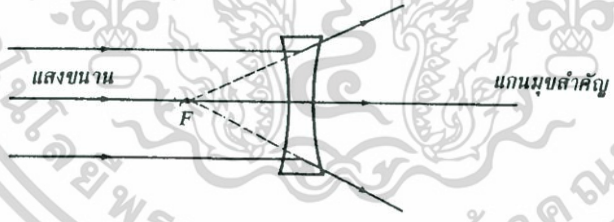
s = ระยะวัตถุ

s' = ระยะภาพ

ส่วนประกอบที่สำคัญของเลนส์



รูปที่ 2.4 เลนส์นูน



รูปที่ 2.5 เลนส์เว้า

อธิบายจากรูป

-แกนมุม,แกนมุขสำคัญ (Principle Axis) ของเลนส์ คือเส้นตรงที่ลากผ่านจุดศูนย์กลางความโค้ง

- จุดโฟกัสของเลนส์นูน (Principle Focus) คือ จุดที่รังสีขนานเดิมตีบไปตัดกัน

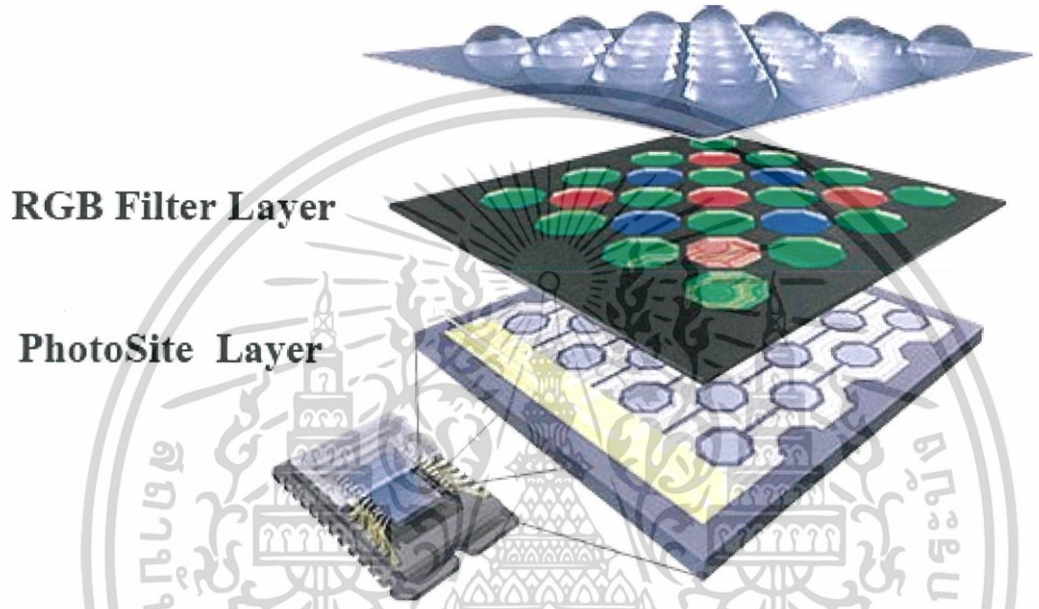
- Optical Center ของเลนส์ คือ จุดที่อยู่บนแกนมุม,แกนมุขสำคัญ ซึ่งรังสีเมื่อผ่านเข้าเลนส์และผ่านจุดนี้แล้ว แสงที่ผ่านออกมาจะมีแนวขนานกับรังสีเดิม

- ความยาวโฟกัส (f) คือ ระยะจากจุดโฟกัสถึงจุด Optical Center ดังรูปด้านบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2 ชนิดของเซนเซอร์รับแสงและคุณภาพของภาพ

Image Sensor ซึ่งภายในประกอบด้วย Photosite ขนาดเล็กจำนวนมาก จะรับรู้แต่ปริมาณแสงที่ตกลงบน Photosite เท่านั้น นั้นคือ Image Sensor มองภาพเป็นขาวดำ แต่ภาพที่เราต้องการเป็นภาพสี จึงต้องมีการใส่ฟิลเตอร์สีไปหน้า Photosite เพื่อแยกภาพออกเป็นขาวดำของแม่สีต่าง ๆ ฟิลเตอร์ที่ใช้หน้า Photosite จะมีหลายแบบ เช่น ฟิลเตอร์ RGB ซึ่งเป็นแม่สีในระบบแม่สีบวก หรืออาจจะใช้ฟิลเตอร์สีใส่หน้าแหล่งกำเนิดแสงหรือหน้าเลนส์แล้วถ่ายภาพทีละสี



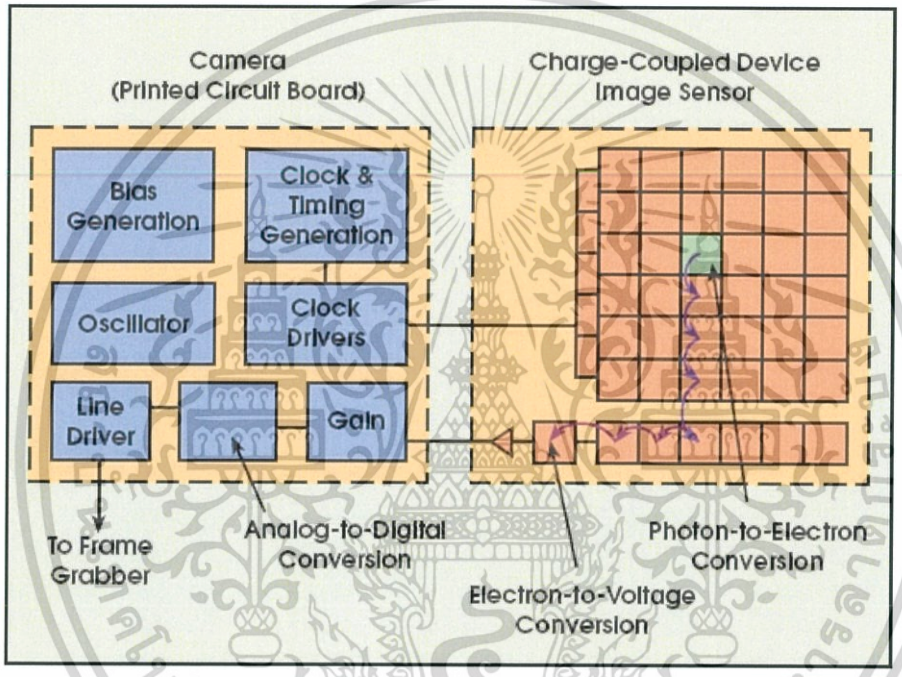
รูปที่ 2.6 Image Sensor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.1 ชนิดของเซนเซอร์รับแสง

โดยทั่วไปจะพบชนิดของเซนเซอร์รับแสงอยู่ 3 ชนิด คือ CCD,CMOSและ FEVON X3

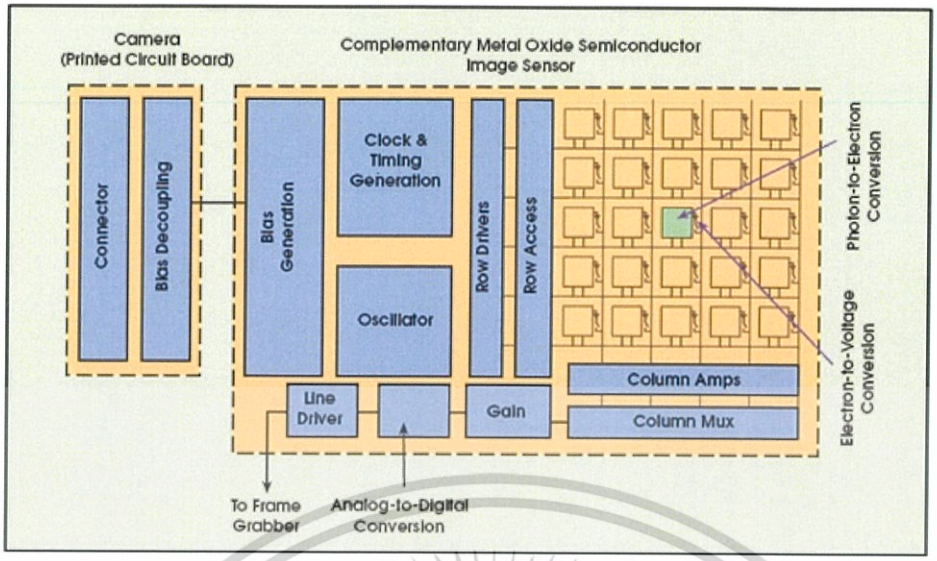
1.1 CCD (Charge-Coupled Device) เซนเซอร์ชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือส่วนเซลรับแสง และ วงจรแปลงแสงอนาล็อกเป็นดิจิตอล โดยเซลรับแสงทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นประจุไฟฟ้าแล้วแปลงให้เป็นสัญญาณอนาล็อก และเมื่อได้สัญญาณอนาล็อกแล้วจะส่งต่อไปยังตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลอีกทีซึ่งจะเป็นวงจรที่แยกออกมาจากส่วนรับแสง สัญญาณที่ได้จะมีความสม่ำเสมอสูง ซึ่ง ข้อดีของเซนเซอร์ชนิดนี้คือ ให้คุณภาพขอภาพดีที่สุดเมื่อเทียบกับเซนเซอร์ ชนิดอื่น สำหรับข้อเสียก็คือ กินไฟมาก ต้นทุนการผลิตสูงเพราะใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่ซับซ้อนกว่าชนิดอื่นส่งผลถึงราคาที่สูงด้วย



รูปที่ 2.7 CCD (Charge Coupled Device)

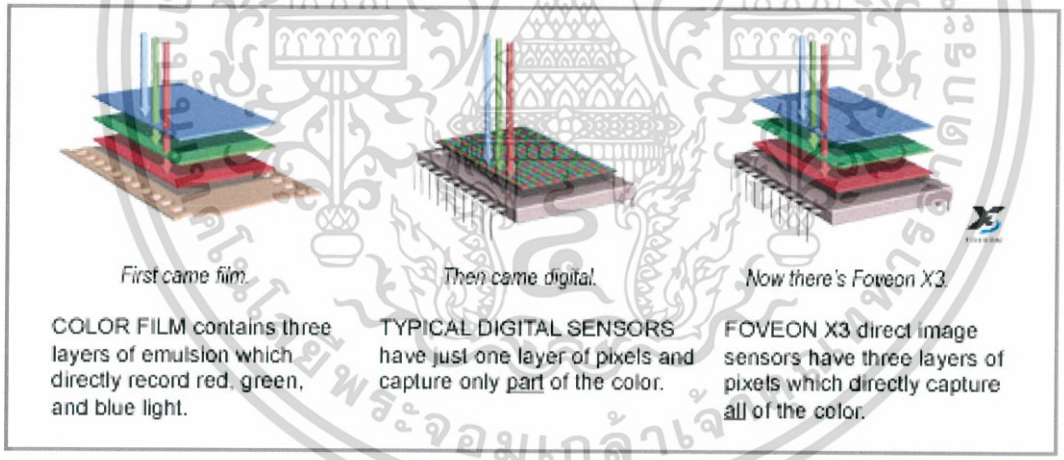
1.2 CMOS (Complementary Metal Oxide) สำหรับเซนเซอร์ CMOS จะไม่มีการแยกกันในการรับแสงและการแปลงแสงเป็นดิจิตอล เหมือน CCD รับแสงมาแปลงประจุเป็นสัญญาณไฟฟ้าแปลงเป็นอนาล็อกแล้วแปลงต่อเป็นดิจิตอลได้เลย ซึ่งการรวมเซลรับแสงกับวงจรการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลเข้าด้วยกันนั้น จะส่งผลเสียคือ ทำให้พื้นที่รับแสงน้อยลง คุณภาพของสัญญาณที่ได้จึงไม่สม่ำเสมอเท่ากับชนิด CCD แต่ข้อดีของเซนเซอร์ชนิดนี้คือ กินไฟน้อยกว่า ต้นทุนการผลิตต่ำกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 CMOS (Complementary Metal Oxide)

1.3 FEVON X3เป็นเซนเซอร์ที่พัฒนาโดย บริษัท FEVEON โดยหลักการทำงานของเซนเซอร์แล้วจะเป็นแบบ CMOS Direct Image Sensor โดยในเซนเซอร์รับภาพจะสามารถจับค่าสี RGB ได้ทั้ง 3 สี ใน 1 Fotosite



รูปที่ 2.9 FEVON X3

2.1.2.2 Dynamic Range (คุณภาพในการรับแสง)

CCD ได้เปรียบอย่างมาก เนื่องจากตัวรับแสงของ CCD มีแต่ส่วนรับแสงเพียงอย่างเดียว ต่างกับ CMOS ที่ต้องมีวงจรแปลงสัญญาณในแต่ละพิกเซลด้วย ดังนั้นถ้าในขนาดที่เท่ากัน ส่วนรับแสงของ CCD จะมีขนาดที่ใหญ่กว่า เนื่องจากไม่ต้องเสียพื้นที่ไปให้วงจรอื่นๆเหมือน CMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.3 กล้องจุลทรรศน์ (Microscope)

กล้องจุลทรรศน์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้เรามองเห็นวัตถุที่มีขนาดเล็กมาก ประกอบด้วยเลนส์นูนความยาวโฟกัสสั้น ๆ 2 อัน โดยเลนส์อันหนึ่งอยู่ใกล้วัตถุเรียกว่าเลนส์ใกล้วัตถุ (Objective Lens) และเลนส์อันหนึ่งอยู่ใกล้ตาเรียกว่าเลนส์ใกล้ตา(Eyepiece Lens) โดยความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุน้อยกว่าความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้ตามาก $(f_o < f_e)$ วางวัตถุไว้ในระหว่าง $f_o < a < 2f_o$ ของเลนส์ใกล้วัตถุ จะได้ภาพจริงขนาดขยายอยู่หน้าเลนส์ใกล้ตาโดยจะเป็นวัตถุเสมือนของเลนส์ใกล้ตา โดยวัตถุเสมือนนี้ จะต้องอยู่ระหว่างความยาวโฟกัสของเลนส์ใกล้วัตถุกับเลนส์ เกิดภาพเสมือนขนาดขยายที่ระยะที่เห็นชัดปกติของตา กล้องจุลทรรศน์แบ่งตามแหล่งกำเนิดแสงได้เป็น 2 ชนิด

1.กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสง (Light Microscope : LM)

2.กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (Electron Microscope)

2.1.3.1 กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสง (Light Microscope: LM)

กล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสง (LM) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.กล้องจุลทรรศน์อย่างง่ายหรือแว่นขยาย (Compound Microscope or Magnifying glass) ประกอบด้วยเลนส์นูนเพียงอันเดียว วัตถุประสงค์ในการใช้ก็เพื่อขยายวัตถุที่จะดูให้ใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะได้เห็นรายละเอียดได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ภาพที่ได้จะเป็นภาพเสมือน และข้อสำคัญก็คือวัตถุต้องอยู่ห่างจากเลนส์น้อยกว่าทางยาวโฟกัสของเลนส์นั้น

รูปที่ 2.10 กล้องจุลทรรศน์อย่างง่ายหรือแว่นขยาย

2. กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน (Compound Light Microscope) เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้แสงและมีระบบเลนส์ที่ทำหน้าที่ขยายภาพ 2 ชุด มีการขยายภาพ 2 ครั้ง กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อนมีหลายชนิด แต่ชนิดที่ให้ในการส่องดูสิ่งต่างๆทั่วไปเป็นชนิด bright field microscope เมื่อศึกษาด้วยกล้องชนิดนี้จะพบว่าพื้นที่รอบๆตัวอย่างจะสว่าง ส่วนตัวอย่าง (specimen)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.11 กล้องจุลทรรศน์เชิงซ้อน (Compound Light Microscope)

ส่วนประกอบต่างๆของกล้องจุลทรรศน์ชนิด Compound Light Microscope

1. ฐาน (Base) เป็นส่วนที่ใช้ในการตั้งกล้อง ทำหน้าที่รับน้ำหนักทั้งหมดของกล้องจุลทรรศน์
2. ลำกล้อง (Body) เป็นส่วนที่เชื่อมอยู่ระหว่างเลนส์ใกล้ตากับเลนส์ใกล้วัตถุ ทำหน้าที่ป้องกันการรบกวนจากแสงภายนอก
3. แขน (Arm) เป็นส่วนยึดลำกล้องและฐานไว้ด้วยกัน เป็นตำแหน่งที่ใช้จับเวลาเคลื่อนย้ายกล้องจุลทรรศน์
4. แท่นวางวัตถุ (Specimen stage) เป็นแท่นสำหรับวางสไลด์ตัวอย่างที่ต้องการศึกษา มีลักษณะเป็นแท่นสี่เหลี่ยมตรงกลางมีรูให้ลำแสงจากหลอดไฟส่องผ่านไปยังวัตถุที่ต้องการศึกษา แท่นวางวัตถุนี้สามารถเลื่อนขึ้นเลื่อนลงได้
5. ที่หนีบสไลด์ (Stage clip) อยู่บนแท่นวางวัตถุมี 1 คู่ ใช้สำหรับหนีบสไลด์ให้ติดกับแท่นวางวัตถุ
6. ปุ่มปรับภาพหยาบ (Coarse adjustment) เป็นปุ่มขนาดใหญ่ ใช้ในการปรับหาระยะภาพ
7. ปุ่มปรับภาพละเอียด (Fine adjustment) เป็นปุ่มขนาดเล็ก ทำหน้าที่ในการปรับภาพให้ชัดเจนมากขึ้น
8. เลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens) เป็นเลนส์ขยายภาพที่อยู่ใกล้วัตถุ มีกำลังขยายต่างกัน กล้องแต่ละอันจะมี 3 เลนส์ คือ
   - เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายต่ำ (Lower power) กำลังขยาย 4X, 10X
   - เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูง (High power) 40X
   - เลนส์ใกล้วัตถุแบบ Oil Immersion ขนาด 100X

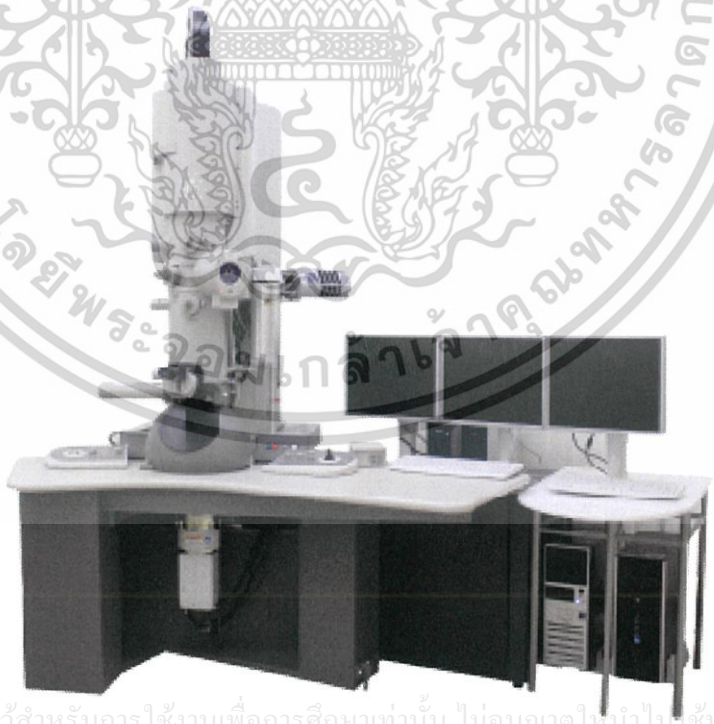
เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อาทิ ห้าม[illegible]ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อาทิ ห้ามทำซ้ำ ดัดแปลง ดัดแปลง[illegible]ไปใช้

9. เลนส์ใกล้ตา (Ocular lens หรือ Eyepiece lens) ทำหน้าที่ขยายภาพที่ได้จากเลนส์ใกล้วัตถุให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ภาพที่ได้จะเป็นภาพเสมือนหัวกลับ
10. จานหมุน (Revolving nosepiece) ใช้หมุนเมื่อต้องการเปลี่ยนกำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ
11. เลนส์รวมแสง (Condenser) จะอยู่ด้านใต้ของแท่นวางวัตถุ ทำหน้าที่รวมแสงให้เข้มขึ้นเพื่อส่งไปยังวัตถุที่ต้องการศึกษา
12. กระจกเงา (Mirror) ทำหน้าที่สะท้อนแสงจากธรรมชาติหรือจากหลอดไฟภายในห้องให้ส่องผ่านวัตถุ
13. ไอริส ไดอะแฟรม (Iris diaphragm) อยู่ใต้เลนส์รวมแสงทำหน้าที่ปรับปริมาณแสงให้เข้าสู่เลนส์ในปริมาณที่ต้องการ

2.1.3.2 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในปัจจุบันมี 2 ชนิดด้วยกัน

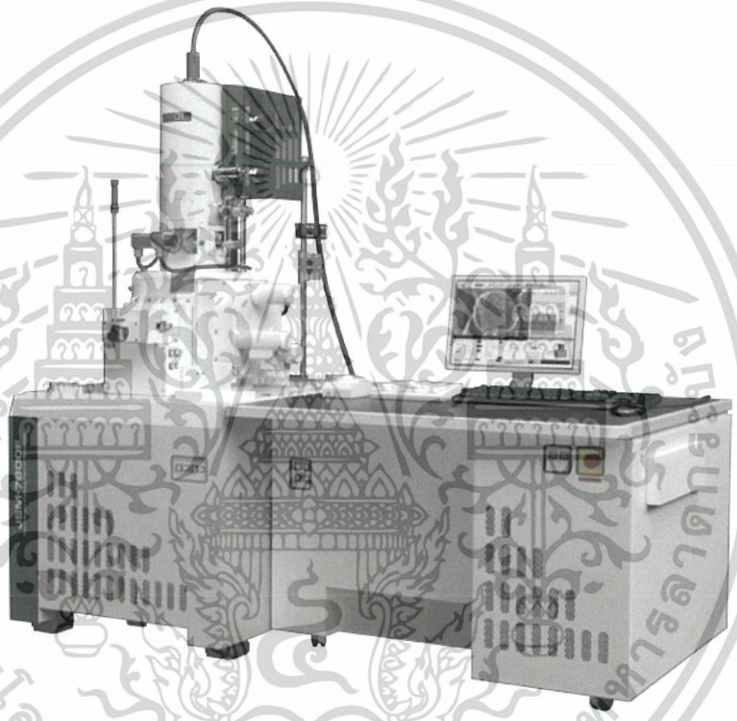
1. กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope: TEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่ใช้ศึกษาตัวอย่างชนิดบาง ซึ่งเตรียมขึ้นโดยวิธีพิเศษเพื่อให้ลำอนุภาคอิเล็กตรอนผ่านทะลุได้ การสร้างภาพจากกล้องประเภทนี้จะทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่ทะลุผ่านตัวอย่างนั่นเอง เครื่อง TEM เหมาะสำหรับศึกษารายละเอียดขององค์ประกอบภายในของตัวอย่าง เช่น องค์ประกอบภายในเซลล์ ลักษณะของเยื่อหุ้มเซลล์ ผนังเซลล์ เป็นต้น ซึ่งจะให้รายละเอียดสูงกว่ากล้องจุลทรรศน์ชนิดอื่นๆ เนื่องจากมีกำลังขยายและประสิทธิภาพในการแจกแจงรายละเอียดสูงมาก (กำลังขยายสูงสุดประมาณ 0.1นาโนเมตร)



รูปที่ 2.12 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (Transmission Electron Microscope: TEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) เป็นกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนที่มีกำลังขยายไม่สูงเท่ากับเครื่อง TEM (เครื่อง SEM มีกำลังขยายสูงสุดประมาณ 10 นาโนเมตร) การเตรียมตัวอย่างเพื่อที่จะดูด้วยเครื่อง SEM นี้ไม่จำเป็นต้องที่ตัวอย่างจะต้องมีขนาดบางเท่ากับเมื่อดูด้วยเครื่อง TEM ก็ได้ (เพราะไม่ได้ตรวจวัดจากการที่อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ทะลุผ่านตัวอย่าง) การสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ ดังนั้นเครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ลักษณะพื้นผิวด้านนอกของเนื้อเยื่อและเซลล์ หน้าตัดของโลหะและวัสดุ เป็นต้น



รูปที่ 2.13 กล้องจุลทรรศน์ชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในการตรวจสอบวัตถุพยานโดยกล้อง Digital USB Microscope มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลเพื่อออกแบบกล้อง Digital USB Microscope เพื่อให้เห็นวัตถุพยานที่มีขนาดเล็ก

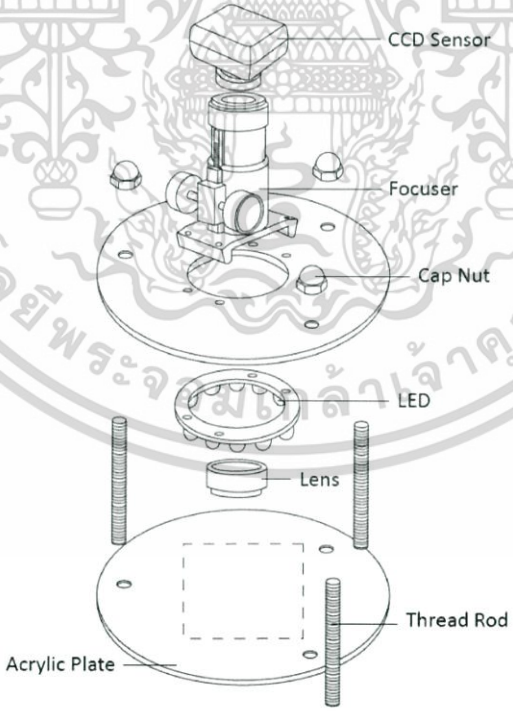
ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบการทดลอง

ขั้นตอนที่ 3 ทำการทดลอง, วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง

ซึ่งในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

3.1 การศึกษาข้อมูลเพื่อออกแบบกล้อง Digital USB Microscope เพื่อให้เห็นวัตถุพยานที่มีขนาดเล็ก

การศึกษาเพื่อออกแบบกล้อง Digital USB Microscope ในที่นี้ตัวกล้องนี้จะประกอบไปด้วยเลนส์ใกล้วัตถุ,เลนส์ใกล้ตาซึ่งใช้ CCD Sensor ในการรับภาพ,ตัวปรับระยะโฟกัส, แท่นวางโฟกัสเซอร์ ,แท่นวางวัตถุ เพื่อให้สามารถเห็นวัตถุพยานที่มีขนาดเล็กซึ่งลักษณะการจัดเรียงอุปกรณ์เป็นดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การจัดเรียงอุปกรณ์กล้อง Digital USB Microscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

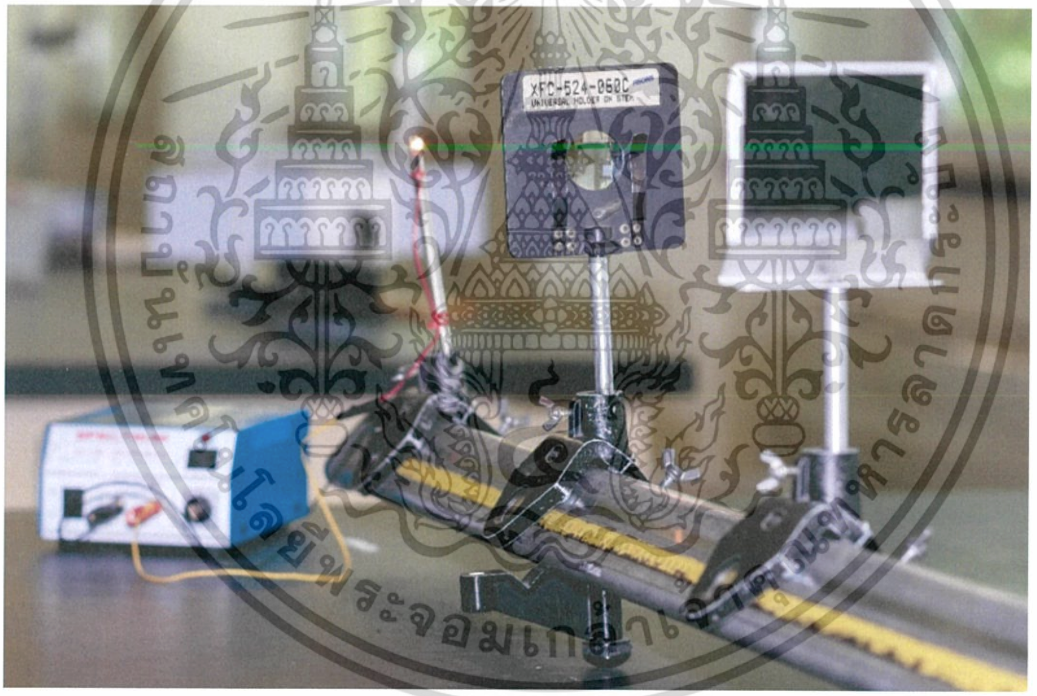
3.1.1 ขั้นตอนการสร้างกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

1. หากำลังขยายของเลนส์ที่มีค่าทางยาวโฟกัสต่างๆสามารถคำนวณกำลังขยายของเลนส์ได้จาก

$$m = \frac{i}{o} = \frac{s'}{s}$$

เมื่อ m = กำลังขยาย
i = ขนาดภาพ
o = ขนาดวัตถุ
s = ระยะวัตถุ
s' = ระยะภาพ

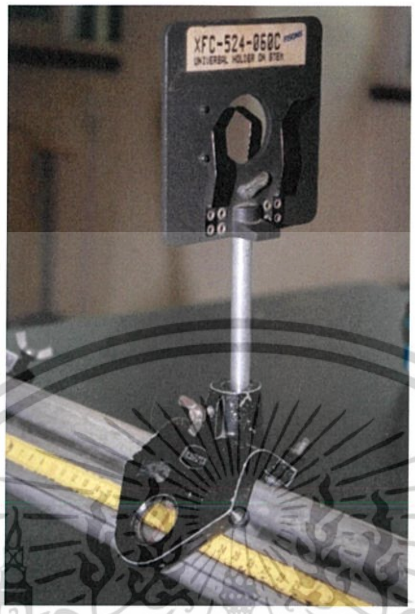
ค่าต่างๆจากสมการซึ่งได้จากการทดลอง



รูปที่ 3.1.1 ขั้นตอนการทดลองหากำลังขยายของเลนส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการหากำลังขยายของเลนส์ที่มีระยะโฟกัส 50 มิลลิเมตร
ระยะของเลนส์ที่ต้องการหากำลังขยายอยู่ที่ระยะ 10 เซนติเมตร



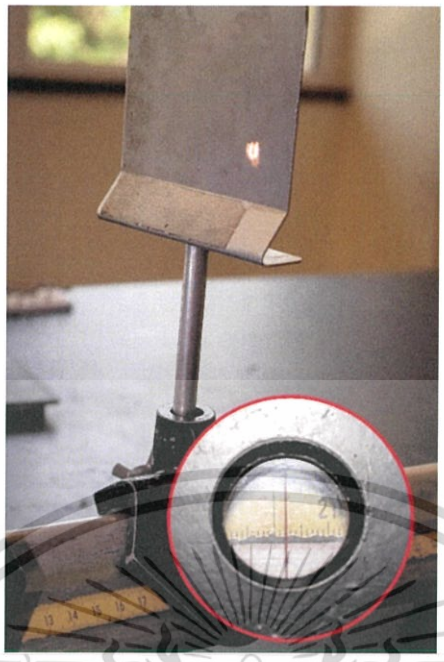
รูปที่ 3.1.2 ระยะของเลนส์ตั้งอยู่ที่ระยะ 10 เซนติเมตร

ระยะของวัตถุตั้งอยู่ที่ระยะ 0 เซนติเมตร

รูปที่ 3.1.3 ระยะของวัตถุตั้งอยู่ที่ระยะ 0 เซนติเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะของภาพที่ชัดที่สุดบนฉากรับภาพอยู่ที่ระยะ 20.2 เซนติเมตร



รูปที่ 3.1.4 ภาพที่ชัดที่สุดบนฉากรับภาพอยู่ที่ระยะ 20.2 เซนติเมตร

จากการทดลองนำค่าระยะต่างๆมาแทนลงในสมการ

$$m = \frac{s'}{s}$$

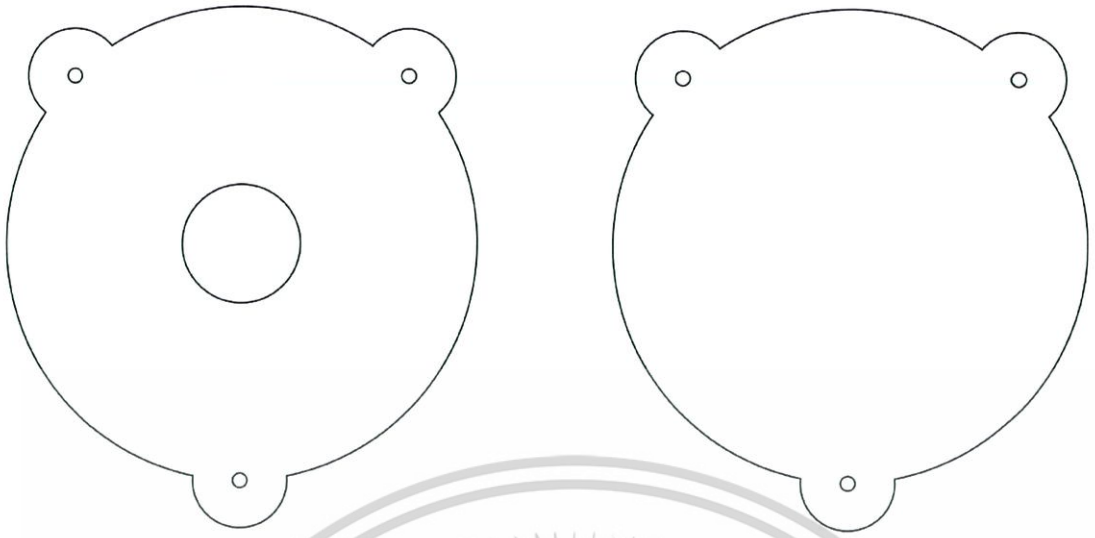
$$m = \frac{102}{100}$$

$$m \approx 1.02$$

เพราะฉะนั้นกำลังขยายของเลนส์ที่มีระยะโฟกัส 50 มิลลิเมตรมีกำลังขยาย 1.02 เท่า

2. ตัดแผ่นอะคริลิกใสมีความหนาขนาด 5 มิลลิเมตร ตามที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งแบบแผ่นอะคริลิกถูกเขียนด้วยโปรแกรม Adobe Illustrator CS6 เพื่อนำไปตัดด้วยเครื่องตัดเลเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



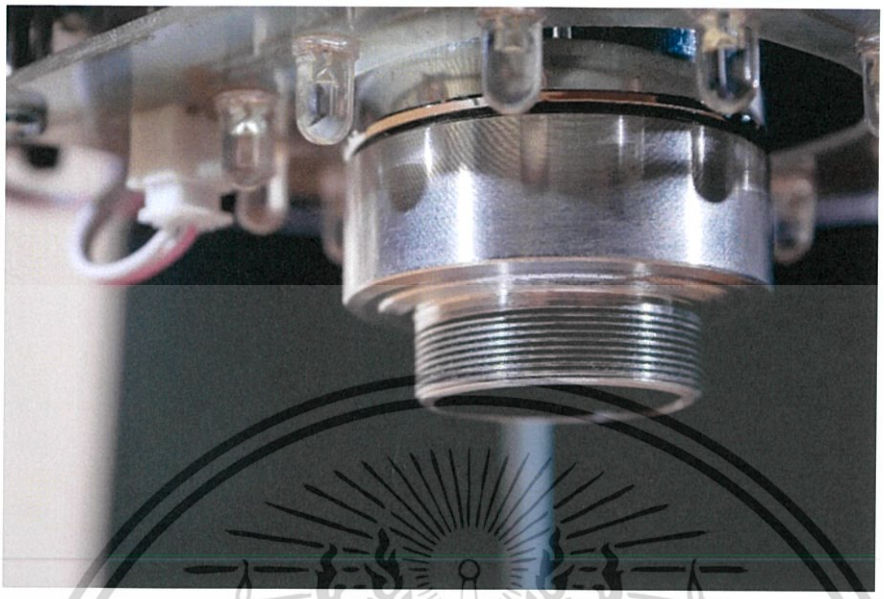
รูปที่ 3.1.5 แบบแผ่นอะคริลิกของกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

3. เจาะรูเพื่อติดตั้งโฟกัสเซอร์

รูปที่ 3.1.6 การติดตั้งโฟกัสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ออกแบบและกลึงข้อต่อระหว่างเลนส์กับโฟกัสเซอร์



รูปที่ 3.1.7 ข้อต่อระหว่างเลนส์กับโฟกัสเซอร์

5. ตัดเกลียวตลอดให้มีความยาวตามที่ต้องการและทำการยึดกับแผ่นอะคริลิกด้วยน็อตแบบมีจาน ใช้น็อตหัวหมวกเพื่อลดคมที่ปลายเกลียวตลอด

6. ออกแบบและกลึงข้อต่อระหว่างเลนส์กับกล้อง Pro Cam Sport HD 1080p WIFI Camera

รูปที่ 3.1.9 ข้อต่อระหว่างเลนส์กับกล้อง Pro Cam Sport HD 1080p WIFI Camera

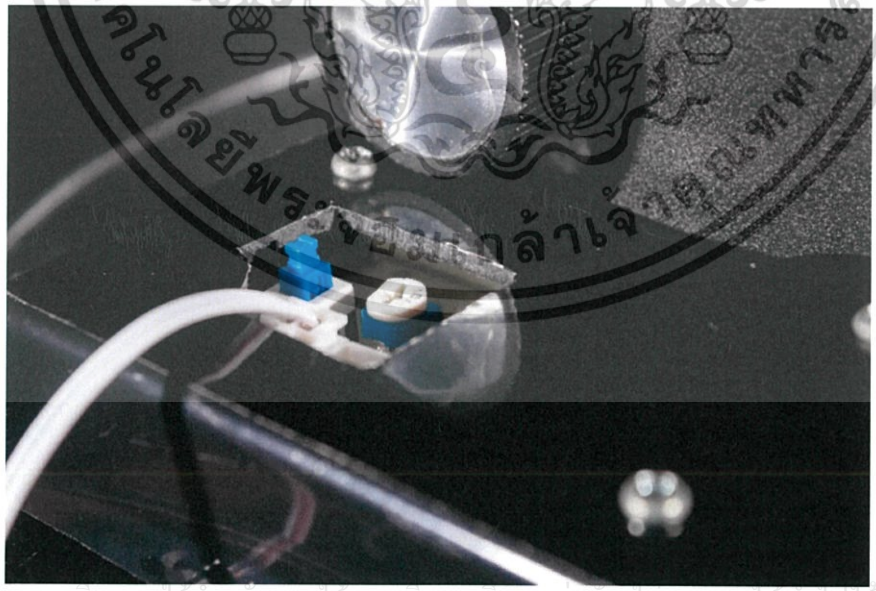
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ออกแบบและกลึงข้อต่อระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุกับเลนส์เว้า

รูปที่ 3.1.10 ข้อต่อระหว่างระหว่างเลนส์ใกล้วัตถุกับเลนส์เว้า

8. ออกแบบลายวงจรแหล่งจ่ายไฟและไดโอดเปล่งแสงด้วยโปรแกรม EAGLE 7.2.0 และทำการกัดลายวงจรลงบนแผ่นปริ้น

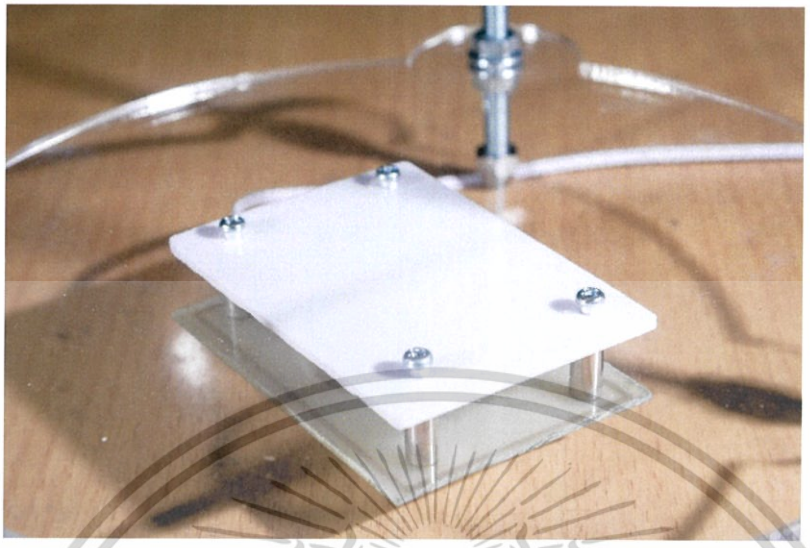
9. ทำการบัดกรีอุปกรณ์ลงแผ่นปริ้นที่ได้กัดลายวงจรไว้และยึดเข้ากับแผ่นอะคริลิกใส



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

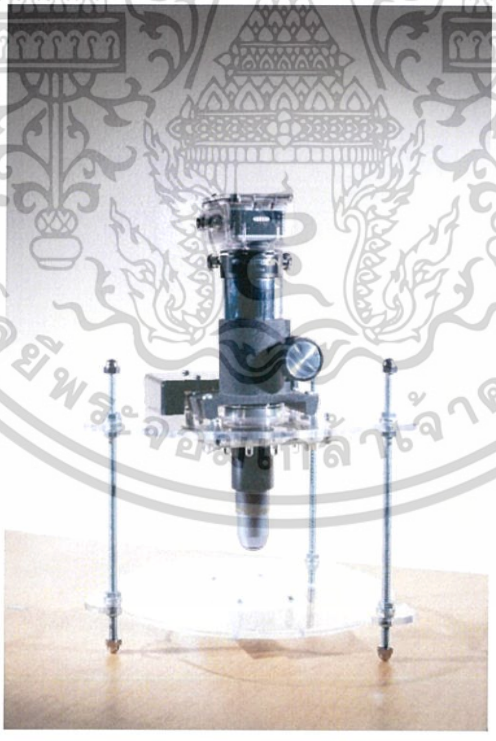
รูปที่ 3.1.11 ภาพแสดงอุปกรณ์แหล่งจ่ายไฟที่ได้ทำการบัดกรีลงแผ่นปริ้นเรียบร้อยแล้ว

10. ตัดแผ่นอะคริลิกสีขาวมีความหนาขนาด 2 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.1.12 แผ่นอะคริลิกขาวที่ตัดเพื่อกระจายแสงจากไดโอดเปล่งแสงส่วนล่าง

11. รูปร่างสำเร็จของกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล



รูปที่ 3.1.13 กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 อุปกรณ์ในการดำเนินงานวิจัย

1. Pro Cam Sport HD 1080p WIFI Camera

รูปที่ 3.2.1 Pro Cam Sport HD 1080p WIFI Camera

2. โฟกัสเซอร์ (Focuser)

รูปที่ 3.2.2 Orion 13031 Basic 1.25-Inch Rack-and-Pinion Telescope Focuser

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับปรับระยะโฟกัสวัตถุ(Orion 13031 Basic 1.25-Inch Rack-and-Pinion Telescope Focuser)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เลนส์ (Lens)

รูปที่ 3.2.3 เลนส์ (Lens)

เลนส์นูนที่อยู่ใกล้วัตถุ ทำหน้าที่รับแสงสะท้อนจากวัตถุทำให้เกิดภาพในกล้องเป็นภาพจริงหัวกลับ ซึ่งภาพจริงนี้จะทำหน้าที่เป็นวัตถุของเลนส์ใกล้ตานั่นคือเลนส์ CCD Sensor

4. ไดโอดเปล่งแสง (LED)

รูปที่ 3.2.4 ไดโอดเปล่งแสง (LED)

เป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง จัดอยู่ในจำพวกไดโอด ที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ แอลอีดีที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้แอลอีดีเปล่งแสงสีขาวออกมาความยาวคลื่นประมาณ 462 nm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer)

รูปที่ 3.2.5 ตัวต้านทานปรับค่าได้ (Potentiometer)

ตัวต้านทานที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้ปรับความสว่างของแอลอีดี โดยทั่วไปจะเรียกว่าโวลลุ่มหรือ VR (Variable Resistor)

6. อุปกรณ์ย่อยที่ใช้ในงานวิจัย

รูปที่ 3.2.6 อุปกรณ์ย่อยที่ใช้ในงานวิจัย

3.1.3 คำนวณกำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์

จากสูตร กำลังขยายของเลนส์กล้อง CCD Sensor $= \dfrac{\text{ระยะโฟกัสของเลนส์ที่ทำหน้าที่ขยายภาพ}}{\text{ระยะโฟกัสของเลนส์ } CCD \text{ เซนเซอร์}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$= \frac{35}{2.9} \frac{\text{มิลลิเมตร}}{\text{มิลลิเมตร}} = 12.07 \text{ เท่า}$$

จากสูตร กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ = กำลังขยายของเลนส์ใกล้วัตถุ × กำลังขยายของเลนส์ซีซีดีเซนเซอร์

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ = 10×12.7

กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ = 120.7 เท่า

3.2 ออกแบบการทดลอง

ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ การตรวจสอบวัตถุพยานมีด้วยกันหลากหลายวิธี ในงานวิจัยนี้จะใช้กล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลซึ่งได้ทำการออกแบบ จากหัวข้อที่ 3.1 เข้ามาช่วยในการตรวจสอบวัตถุพยาน โดยทำการตรวจดูเส้นใยผ้าชนิดต่างๆและทำการตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าชนิดต่างๆ

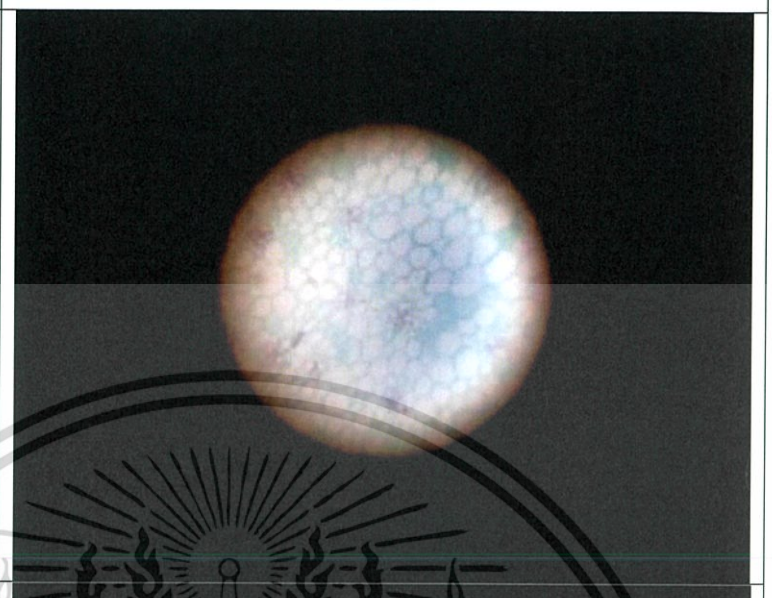
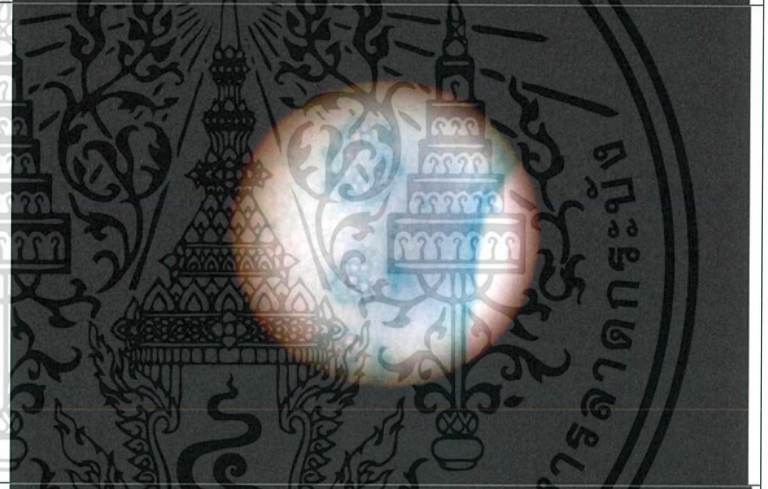
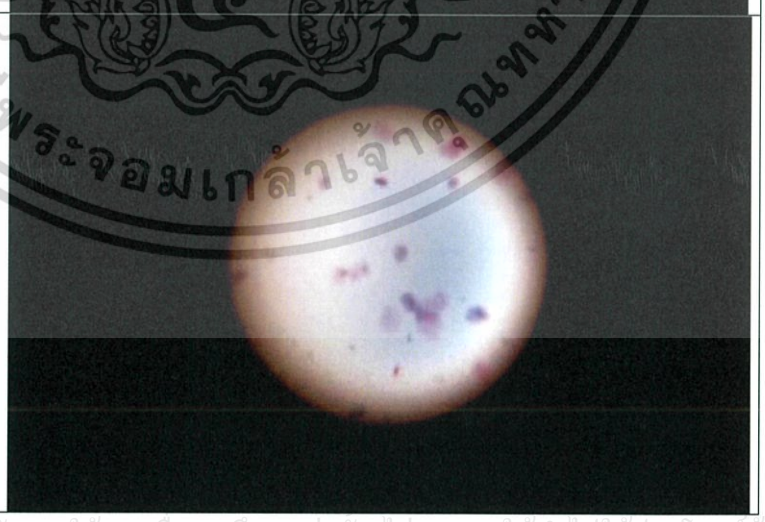
3.3 วิธีการทดลอง

1. หลังจากสร้างกล้องเสร็จแล้วจึงเข้าสู่การทดลองดูตัวอย่าง
2. เลื่อนตำแหน่งวัตถุให้เหมาะสมเพื่อที่จะได้ตำแหน่งตรงกลางภาพพอดี
3. ทดลองดูวัตถุจากระยะไกลๆก่อนเพื่อหาระยะโฟกัสให้พอดีไม่ให้เกิดการบิดเบือนของภาพ
4. เมื่อปรับระยะโฟกัสที่ชัดที่สุดแล้วทำการบันทึกภาพ

ตารางที่ 3.1 รูปภาพที่ได้จากการทดลองดูตัวอย่างต่างๆที่ที่ใช้เลนส์ใกล้วัตถุ SP 10/0.25

ตัวอย่าง	ภาพที่ได้
Stomata of oyster lily	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ภาพที่ได้
Monocot Stem, C-S	
Dicot Stem c.s.	
Epithelium Check-Cells	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่าง	ภาพที่ได้
Paramecium slide	
Stomata leaf w.m.	

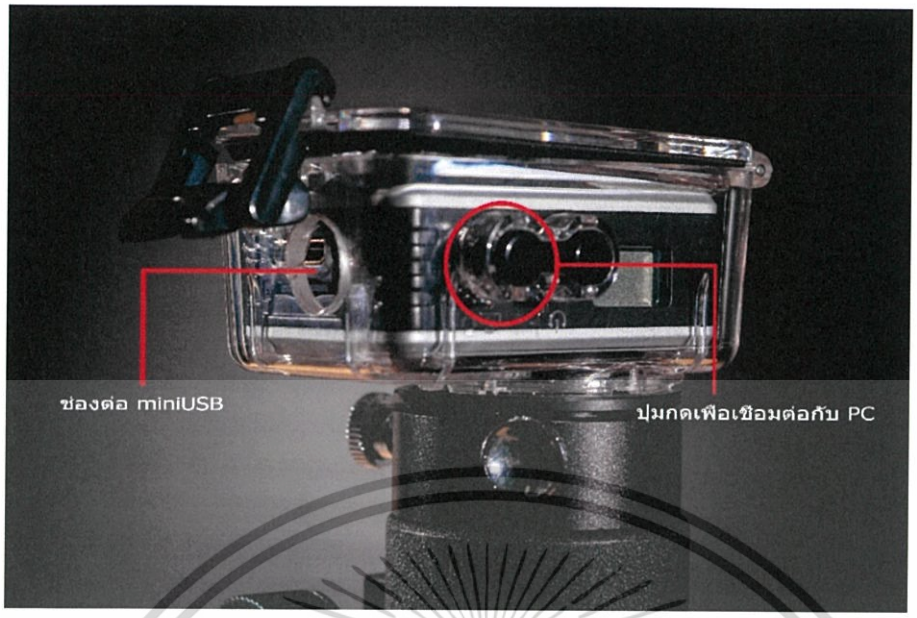
5. หลังจากการทดลองดูตัวอย่างต่างๆแล้วทำการทดลองในการทดลองขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้

3.3.1 การทดลองตอนที่ 1.1 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า

1. ใช้เลนส์ใกล้วัตถุ LB1761-A ความยาวโฟกัส 25.4 มิลลิเมตร ซึ่งมีกำลังขยายของเลนส์ 0.77 เท่า ในการทดลอง

2. ถ้าเชื่อมต่อกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลเข้ากับคอมพิวเตอร์ทาง USB โดยเชื่อมต่อหัวสายที่เป็น USB เข้ากับคอมพิวเตอร์และหัวสาย miniUSB เข้ากับกล้องจุลทรรศน์จากนั้นกดปุ่มที่มีรูปกล้องถ่ายภาพเพื่อทำการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3.1 จุดเชื่อมต่อของกล้องเข้ากับคอมพิวเตอร์

3. เปิดโปรแกรม CyberLink YouCam6 หรือโปรแกรมอื่นๆ ที่สามารถเข้ากับตัวอุปกรณ์ได้

รูปที่ 3.3.2 หน้าต่างโปรแกรม CyberLink YouCam6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ถ้าเชื่อมต่อกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลเข้ากับสมาร์ทโฟนผ่านทาง Wi-Fi โดยเลือก rtwap_default

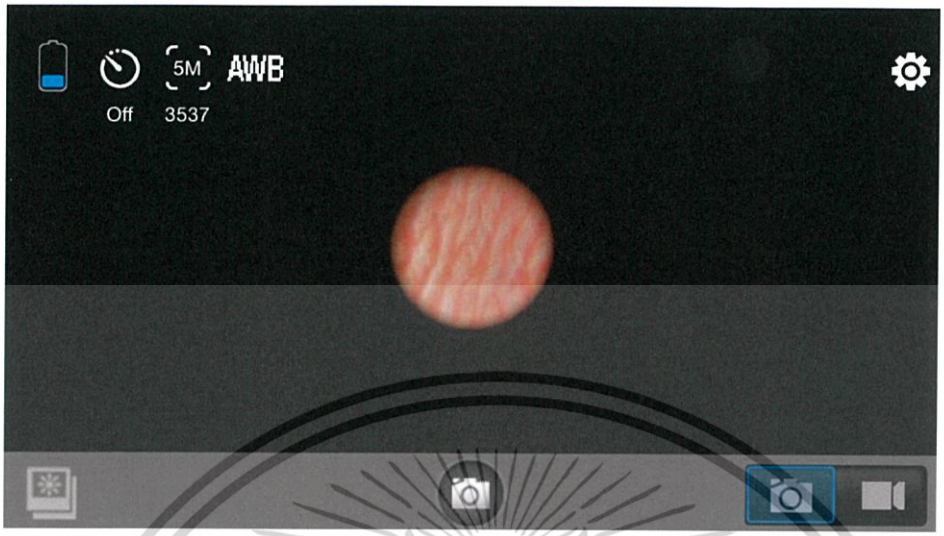
รูปที่ 3.3.3 การเชื่อมต่อกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอลผ่านทาง Wi-Fi

5. เข้าแอพพลิเคชัน iSmart DV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.3.4 ไอคอน iSmart DV

6. ปรับระยะโฟกัสของภาพ เพื่อให้วัตถุที่เราจะถ่ายมีความคมชัด



รูปที่ 3.3.5 หน้าต่างโปรแกรม iSmart DV

7. ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

3.3.2 การทดลองตอนที่ 1.2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้าที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า

1. นำหมึกปากกาที่เตรียมไว้ใช้ในการทดลองหยดลงบนผ้า
2. ปรับระยะโฟกัสของเลนส์ เพื่อให้วัตถุที่เราจะถ่ายมีความคมชัด
3. ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

3.3.3 การทดลองตอนที่ 1.3 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า

1. ใช้เลนส์ใกล้วัตถุ SP 10/0.25 ซึ่งมีกำลังขยายของเลนส์ 10 เท่า ในการทดลอง
2. ปรับระยะโฟกัสของเลนส์ เพื่อให้วัตถุที่เราจะถ่ายมีความคมชัด
3. ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

3.3.4 การทดลองตอนที่ 1.4 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้าที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า

1. นำหมึกปากกาที่เตรียมไว้ใช้ในการทดลองหยดลงบนผ้า
2. ปรับระยะโฟกัสของเลนส์ เพื่อให้วัตถุที่เราจะถ่ายมีความคมชัด
3. ทำการบันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

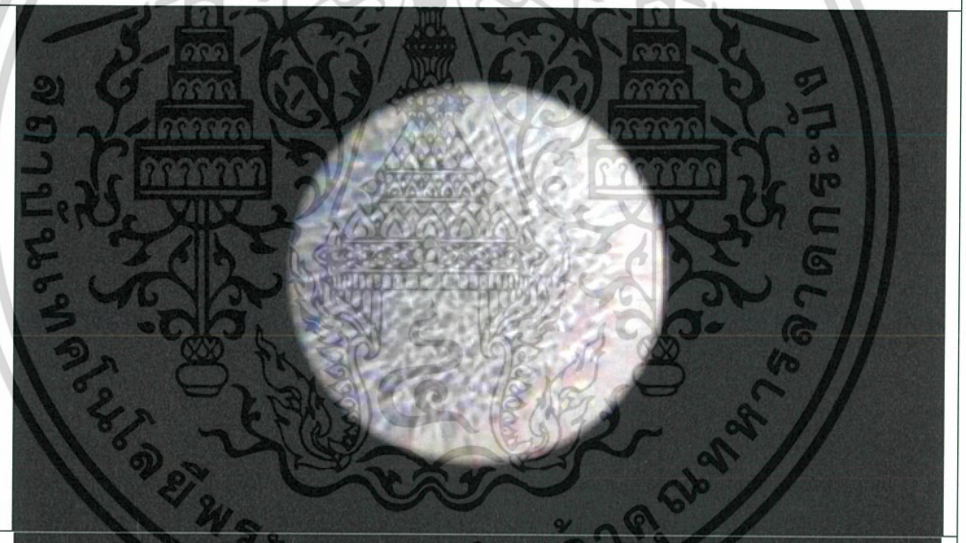
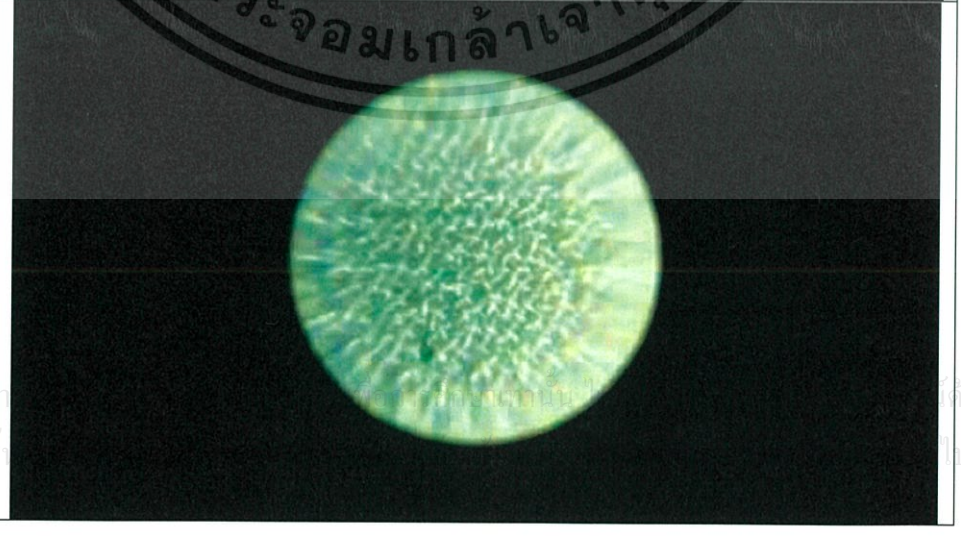
4.1 คุณสมบัติของกล้องจุลทรรศน์ดิจิตอล

- เลนส์ใกล้วัตถุมีกำลังขยาย 0.77,10 เท่า
- เลนส์ใกล้ตามีกำลังขยาย 12.07 เท่า
- ลำกล้องมีความยาว 250 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 31.75 มิลลิเมตร

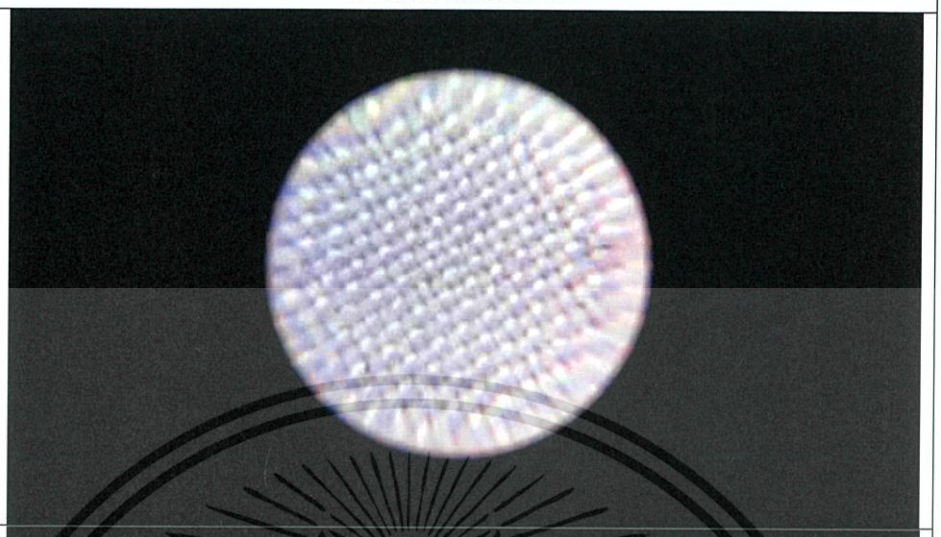
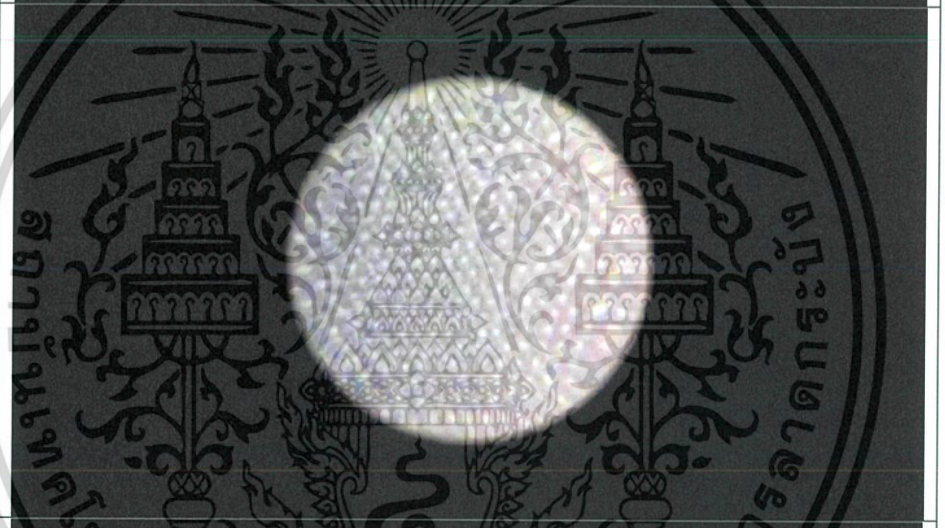
4.2 ผลการทดลอง

4.2.1 การทดลองตอนที่ 1.1 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า

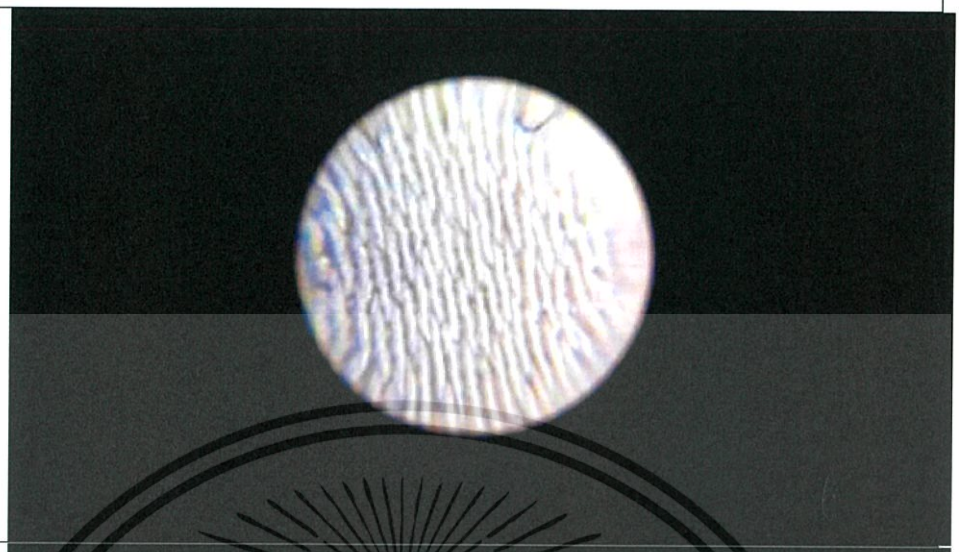
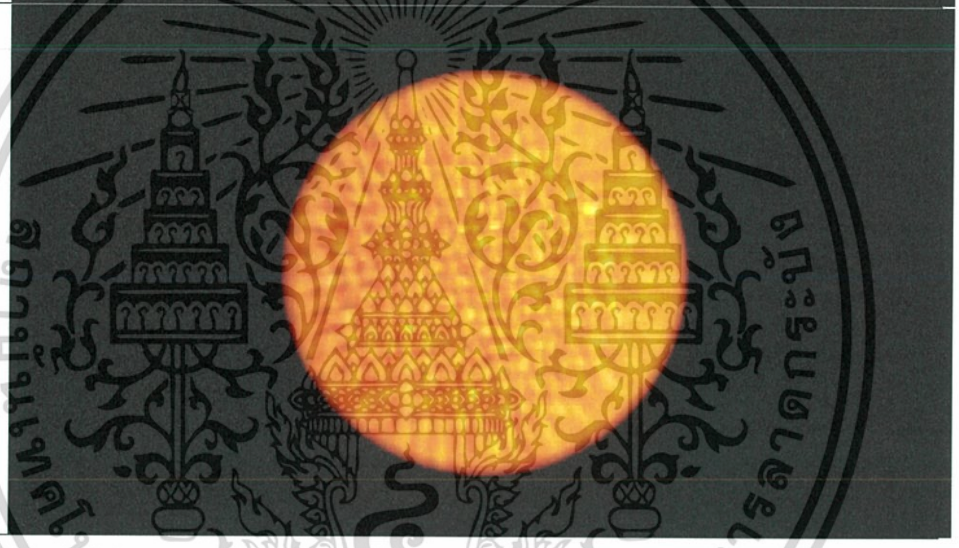
ตารางที่ 4.1 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
ชีฟอง (Chiffon)	
ชีฟอง (Chiffon)	

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ... ไปใช้

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
TC (Polyester) 65% และ ฝ้าย (Cotton) 35%	
CVC (Cotton 80% + Polyester 20%)	
ฝ้าย (Cotton)	

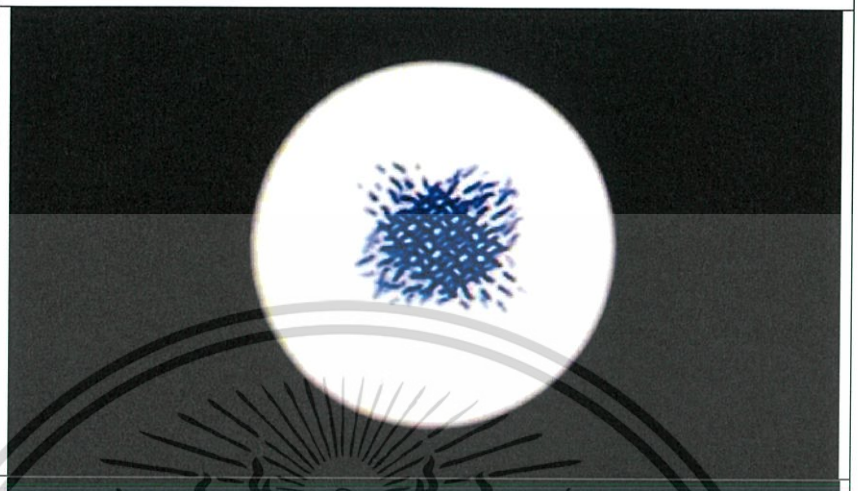
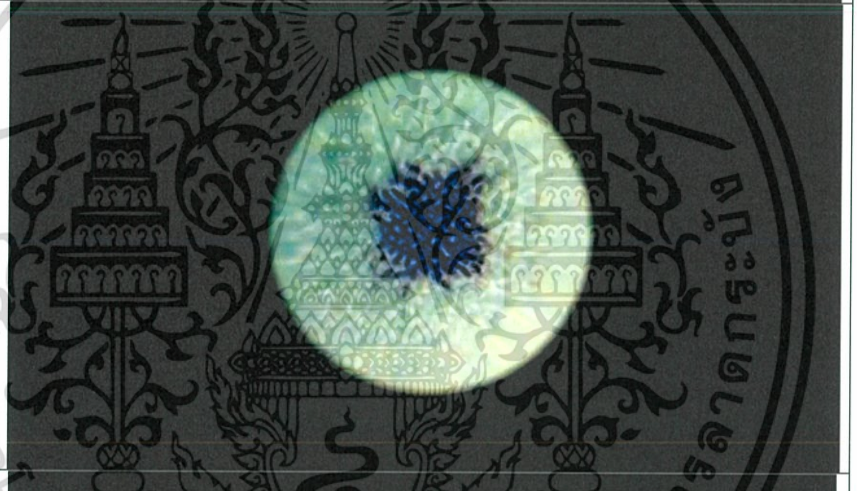
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	

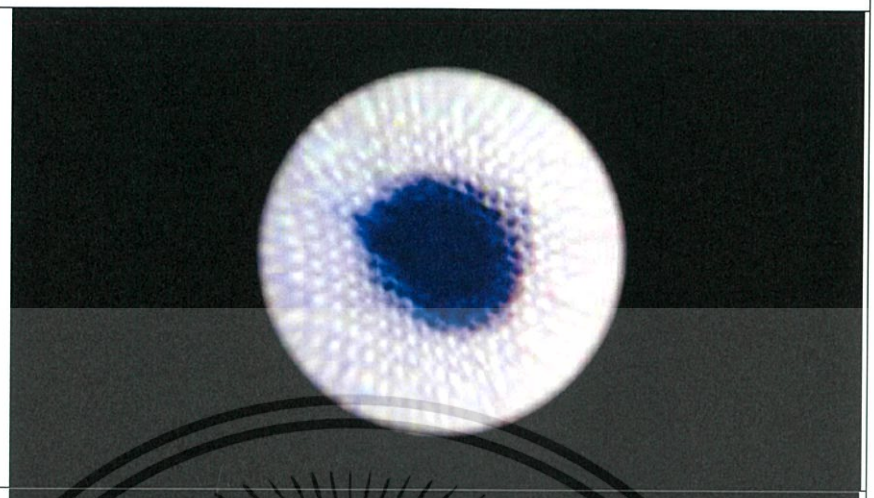
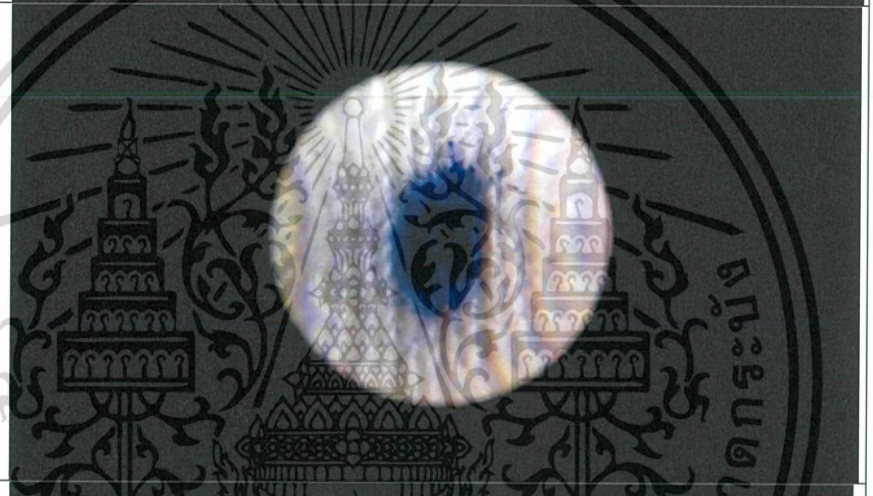
4.3.2 การทดลองตอนที่ 1.2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้า ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

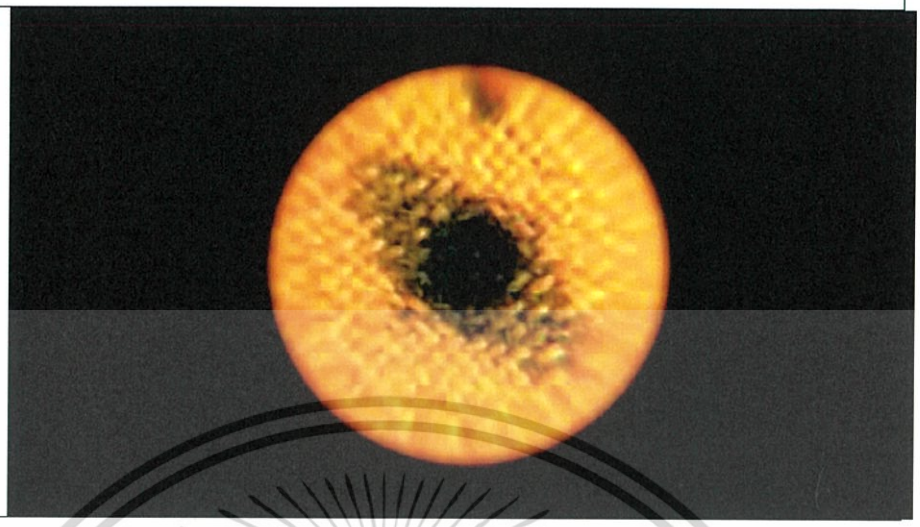
ตารางที่ 4.2 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้า ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 10 เท่า

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
ชีฟอง (Chiffon)	
ชีฟอง (Chiffon)	
TC (Polyester) 65% และฝ้าย (Cotton) 35%	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
CVC (Cotton 80% + Polyester 20%)	
ฝ้าย (Cotton)	
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

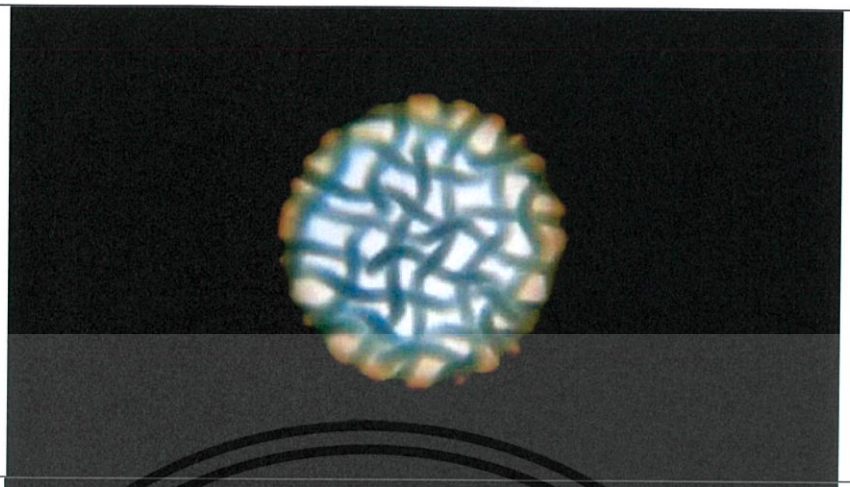
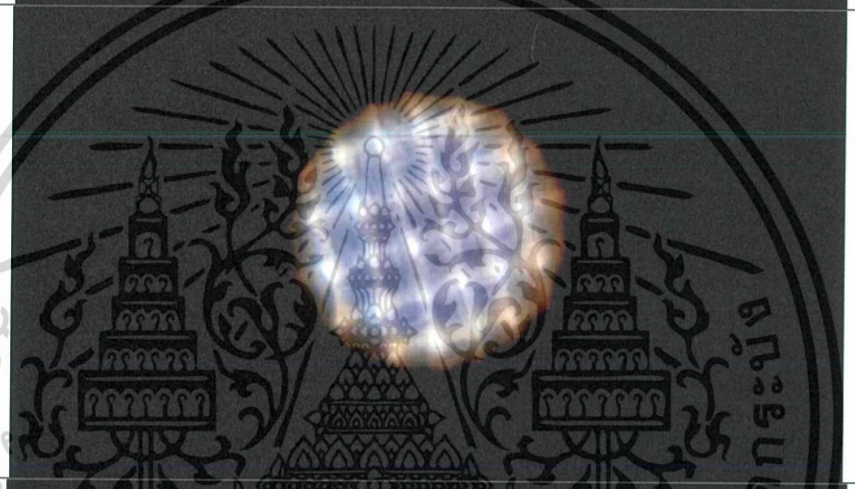
ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	

4.3.3 การทดลองตอนที่ 1.3 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่ใช้เลนส์ใกล้วัตถุ SP 10/0.25 ซึ่งมีกำลังขยายของเลนส์ 10 เท่า

ตารางที่ 4.3 การตรวจพิสูจน์เส้นใยผ้าชนิดต่างๆ ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
ชีฟอง (Chiffon)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
ชีฟอง (Chiffon)	
TC (Polyester) 65% และ ฝ้าย (Cotton) 35%	
CVC (Cotton 80% + Polyester 20%)	

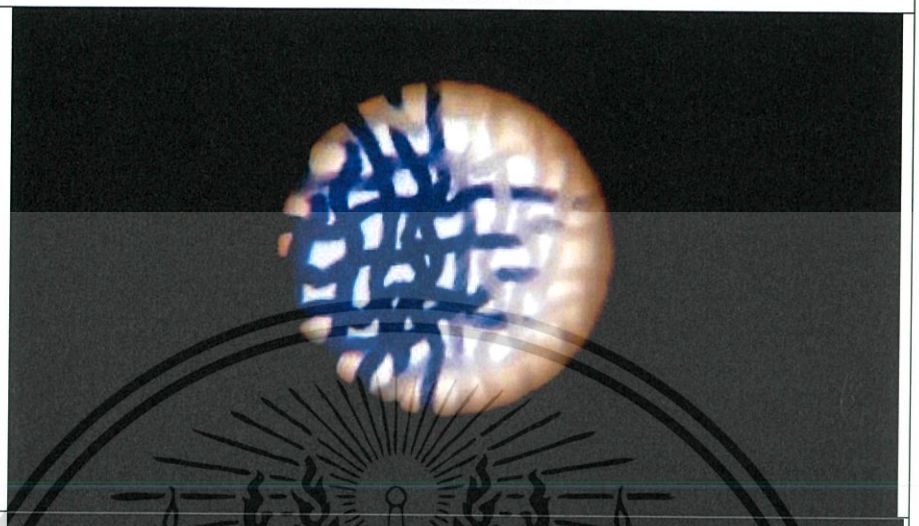
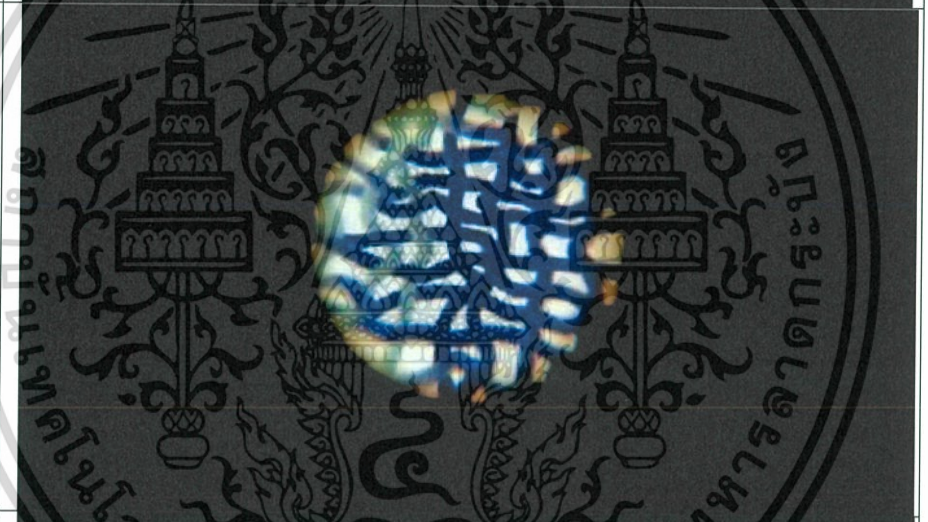
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	ก่อนหยดหมึกปากกา
ฝ้าย (Cotton)	
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	

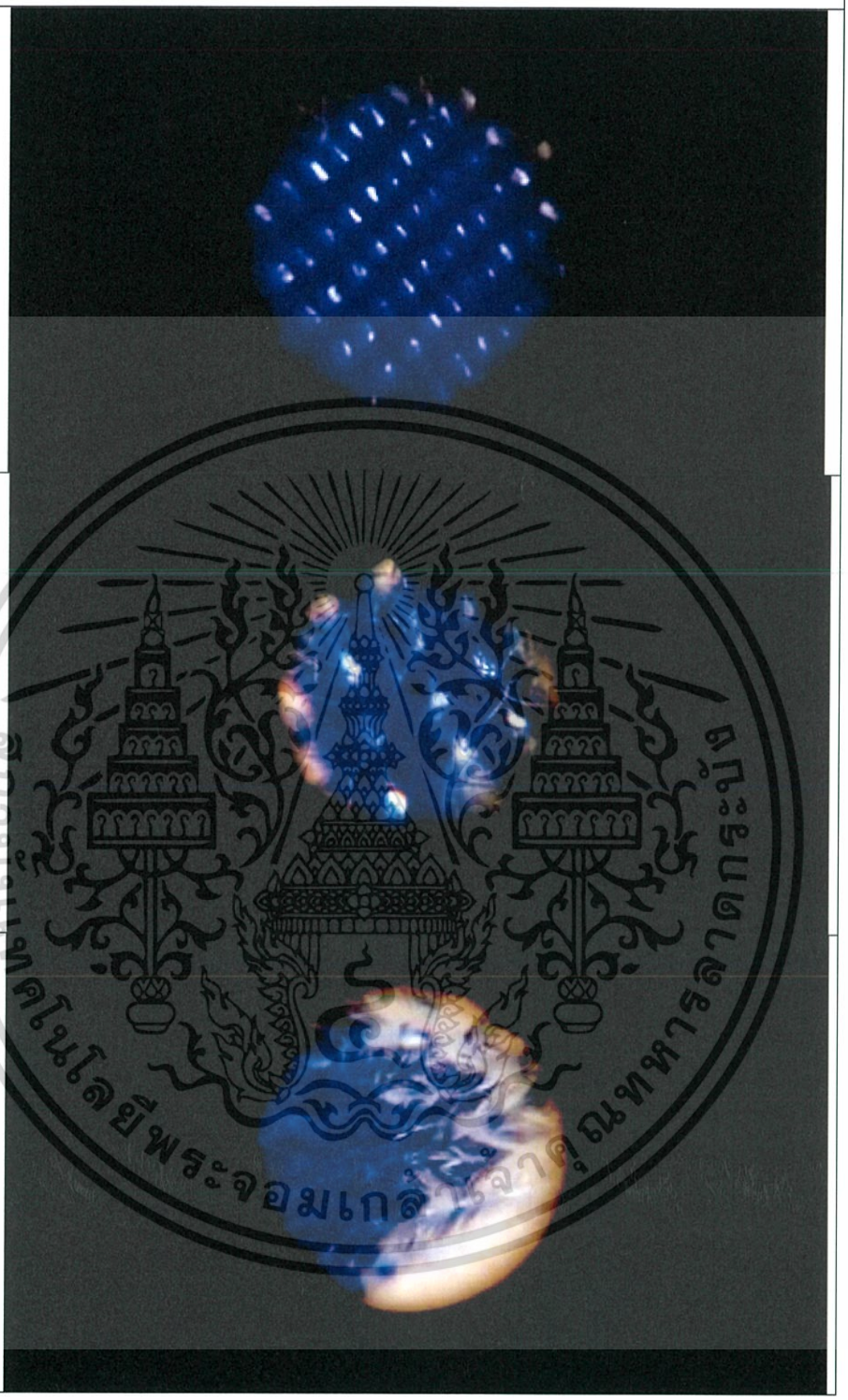
4.3.4 การทดลองตอนที่ 1.4 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้า ที่ใช้เลนส์ใกล้วัตถุ SP 10/0.25 ซึ่งมีกำลังขยายของเลนส์ 10 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

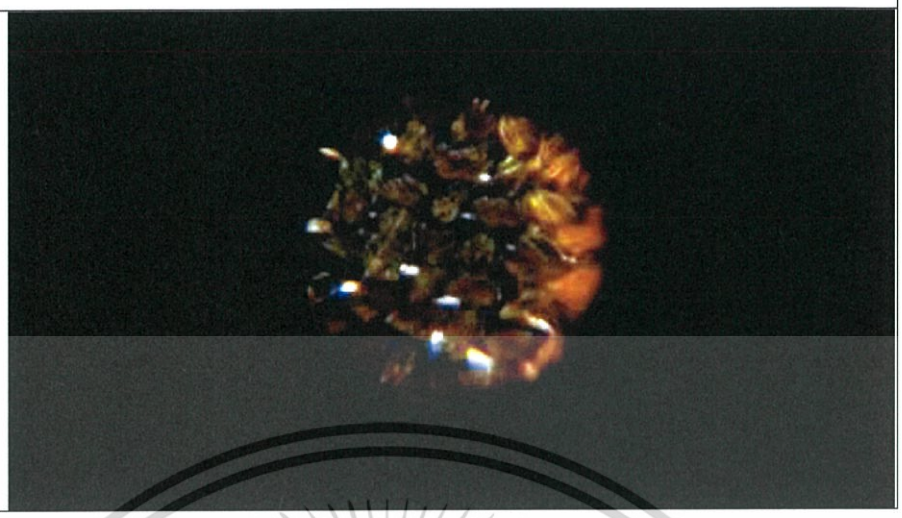
ตารางที่ 4.4 การตรวจพิสูจน์หมึกปากกาที่หยดลงบนผ้าและนำมาเปรียบเทียบดูการดูดซึมของหมึกตามเส้นใยผ้า ที่กำลังขยายของกล้องจุลทรรศน์ 100 เท่า

ชนิด	หลังหยดหมึกปากกา
ชีฟอง (Chiffon)	
ชีฟอง (Chiffon)	
TC (Polyester) 65% และ ฝ้าย (Cotton) 35%	

เอกสารนี้เป็นเอกสาร ... ์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	หลังหยดหมึกปากกา
CVC (Cotton 80% + Polyester 20%)	
ฝ้าย (Cotton)	
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิด	หลังหยดหมึกปากกา
โพลีเอ-สเตอร์ (Polyester)	

4.4 อุปสรรคในการทดลอง

- อุปกรณ์หลักที่ต้องใช้ เช่น โฟกัสเซอร์ ไม่สามารถหาซื้อได้ในประเทศไทยจึงต้องสั่งจากต่างประเทศ ซึ่งใช้เวลานานในการสั่งอุปกรณ์
- เลนส์ที่ใช้มีความยาวโฟกัสที่จำกัดจึงได้รายละเอียดภาพที่ไม่ชัดเจน
- เซนเซอร์ที่ใช้มีเลนส์ที่มีความยาวโฟกัส 2.9 มิลลิเมตร ที่มาพร้อมกับเซนเซอร์ทำให้มุมรับภาพกว้างเป็นปัญหาทำให้ภาพวัตถุที่ได้มีขนาดเล็กมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

กล้องจุลทรรศน์เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยให้มองเห็นวัตถุที่มีขนาดเล็กมาก ประกอบด้วยเลนส์นูนที่มีความยาวโฟกัสสั้นๆ 2 ชิ้น เลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตาแต่ในที่นี้คือเลนส์ใกล้เซนเซอร์ทำหน้าที่เสมือนตาโดยเลนส์ใกล้วัตถุใกล้กับตัวอย่างที่ทำหน้าที่ขยายภาพตัวอย่างให้ใหญ่ขึ้นกว่าเดิมโดยเลนส์ใกล้วัตถุสร้างภาพเป็นแบบภาพจริงแต่หัวกลับที่มีขนาดขยายใหญ่มากขึ้นจากความจริง โดยตำแหน่งของภาพจะตกไปที่เลนส์ใกล้ตาทำให้เกิดภาพเสมือนหัวกลับที่มีขนาดขยายทำให้ตามองเห็นภาพได้ชัดเจน ทำให้สามารถมองเห็นวัตถุตัวอย่างที่มีขนาดเล็กได้

จากการทดลองการสร้างกล้องจุลทรรศน์ต้องใช้ความละเอียดและแม่นยำในการคำนวณและในการสร้างกล้องเพื่อที่จะสามารถโฟกัสภาพได้ซึ่งเลนส์ใกล้วัตถุและเลนส์ใกล้ตามีกำลังขยาย 10 เท่า คำนวณความยาวของตัวกล้องออกมาได้ 250 มิลลิเมตร โดยรวมของความยาวอุปกรณ์

จากผลการทดลองการดูตัวอย่างให้เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนที่สุดโดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยาย 10 เท่า เนื่องจากอุปกรณ์ที่มีจำกัด ทำให้ขยายภาพวัตถุใหญ่ขึ้นได้ไม่มากทำให้เห็นรายละเอียดได้น้อย

5.2 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

- การคำนวณและการสร้างกล้องจุลทรรศน์ต้องทำอย่างละเอียดและรอบคอบ
- ถ้าต้องการดูรายละเอียดของตัวอย่างควรใช้กำลังขยายสูงเพื่อที่จะได้เห็นรายละเอียดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บมจ.อสมท. เซ็นเซอร์รับภาพ แบบ CCD และ CMOS. 2009. [Online].Available: http://dtv.mcot.net/mcot_one.php?dateone=1244772701

ฟิสิกส์ราชมงคล. กำลังขยาย (Magnification). [Online].Available: http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/62/light1/ligh_13.htm

วิกิพีเดีย. กล้องจุลทรรศน์. 2014. [Online].Available: http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%A5%E0%B9%89%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%88%E0%B8%B8%E0%B8%A5%E0%B8%97%E0%B8%A3%E0%B8%A3%E0%B8%A8%E0%B8%99%E0%B9%8C

วิชาการ.คอม. เลนส์นูน-เลนส์เว้า 2008. [Online].Available: http://www.vcharkarn.com/blog/39841

สถาบันนวัตกรรมและพัฒนากระบวนการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยมหิดล. เทคโนโลยีการสร้างระดับนาโน. [Online].Available: http://www.il.mahidol.ac.th/e-media/nano/Page/Unit4-5.html

สมบัติ พุทธจักร. 2555. ทัศนศาสตร์เชิงฟิสิกส์และการประยุกต์. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

สุรศักดิ์ เชียงกา. 2557. ทัศนศาสตร์เบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : แอคทีฟพริ้นท์.

สุวรรณณ คูสำราญ. 2537. ทัศนศาสตร์กายภาพ PHYSICAL OPTICS. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

[Online].Available: http://www.rw.ac.th/~kruchon/lesson/light/topic5-serm2.htm

[Online].Available: https://sites.google.com/site/aomsupaporn2535/hnwy-thi1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

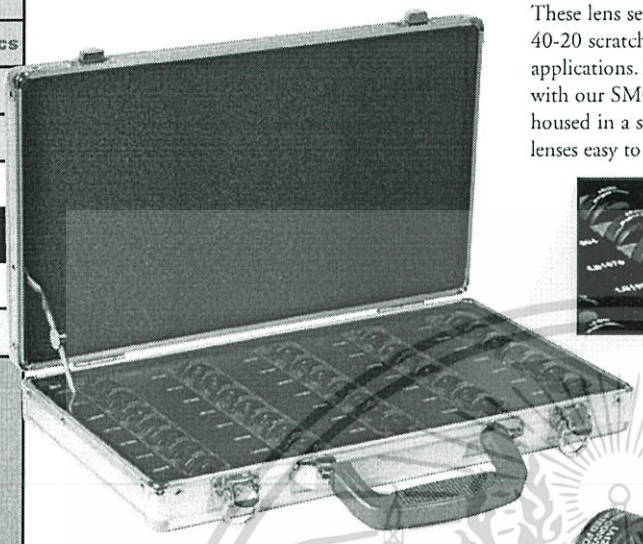
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For current pricing, please see our website.

Mounted Ø1/2", Ø1", and Ø2" Spherical Singlet Lens Kits



These lens sets contain selections of Ø1/2", Ø1", or Ø2" optics, all with a 40-20 scratch-dig surface quality to ensure minimal scattering for laser applications. Each optic is mounted in an engraved cell that is compatible with our SM05, SM1, or SM2 Series threadings. The mounted lenses are housed in a storage box with labeled lens slots, making organization of the lenses easy to maintain.

Additional Savings Over Buying Individual Components

Each Lens and Location is Clearly Marked

ITEM #	LENS TYPE	f (mm)
LSA01 (22 Lenses)	Ø1/2" N-BK7 Plano-Convex and Bi-Convex	f = 15, 20, 25, 30, 40, 50, and 100
	Ø1/2" Plano-Concave and Bi-Concave Lenses	f = -15, -25, -30, and -50
LSB01 (14 Lenses)	Ø1" N-BK7 Plano-Convex	f = 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, and 1000
LSB02 (14 Lenses)	Ø1" N-BK7 Bi-Convex	f = 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, and 1000
LSB03 (28 Lenses)	Ø1" N-BK7 Plano-Convex and Bi-Convex	f = 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, and 1000
LSB04 (35 Lenses)	Ø1" N-BK7 Plano-Convex and Bi-Convex	f = 25.4, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 750, and 1000
	Ø1" Plano-Concave Lenses	f = -30, -50, -75, and -100
	Ø1" Bi-Concave Lenses	f = -25, -50, and -75
LSB05 (14 Lenses)	Ø1" UV Fused Silica Plano-Convex	f = 35, 40, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 500, 750, and 1000
LSC01 (10 Lenses)	Ø2" N-BK7 Plano-Convex	f = 75, 100, 125, 150, 200, 300, 400, 500, 750, and 1000

The SM05 family of lens tubes directly accepts Ø1/2" optics and is directly compatible with all SM05-threaded components.

The SM1 family of lens tubes directly accepts Ø1" optics. The series includes hundreds of compatible products.

The SM2 family of lens tubes directly accepts Ø2" optics and is directly compatible with all SM2-threaded components.

Specifications

- **Diameter Tolerance:** +0.00/-0.10 mm
- **Focal Length Tolerance:** ±1%
- **Scratch-Dig:** 40-20
- **Centration:** ≤3 arcmin
- **Clear Aperture:** >90% of Lens Diameter

N-BK7 Lens Sets, Uncoated

ITEM #	$	£	€	RMB
LSA01	$ 713.20	£ 513.50	€ 620,48	¥ 5,684.20
LSB01	$ 513.30	£ 369.58	€ 446,57	¥ 4,091.00
LSB02	$ 541.25	£ 389.70	€ 470,89	¥ 4,313.76
LSB03	$ 939.80	£ 676.66	€ 817,63	¥ 7,490.21
LSB04	$ 1,162.40	£ 836.93	€ 1.011,29	¥ 9,264.33
LSC01	$ 567.30	£ 408.46	€ 493,55	¥ 4,521.38

N-BK7 Lens Sets, AR-Coated: 350 - 700 nm

ITEM #	$	£	€	RMB
LSA01-A	$ 897.55	£ 646.24	€ 780,87	¥ 7,153.47
LSB01-A	$ 629.25	£ 453.06	€ 547,45	¥ 5,015.12
LSB02-A	$ 657.15	£ 473.15	€ 571,72	¥ 5,237.49
LSB03-A	$ 1,171.60	£ 843.55	€ 1.019,29	¥ 9,337.65
LSB04-A	$ 1,452.20	£ 1,045.58	€ 1.263,41	¥ 11,574.03
LSC01-A	$ 650.10	£ 468.07	€ 565,59	¥ 5,181.30

N-BK7 Lens Sets, AR-Coated: 650 - 1050 nm

ITEM #	$	£	€	RMB
LSA01-B	$ 897.55	£ 646.24	€ 780,87	¥ 7,153.47
LSB01-B	$ 629.25	£ 453.06	€ 547,45	¥ 5,015.12
LSB02-B	$ 657.15	£ 473.15	€ 571,72	¥ 5,237.49
LSB03-B	$ 1,171.60	£ 843.55	€ 1.019,29	¥ 9,337.65
LSB04-B	$ 1,452.20	£ 1,045.58	€ 1.263,41	¥ 11,574.03
LSC01-B	$ 650.10	£ 468.07	€ 565,59	¥ 5,181.30

N-BK7 Lens Sets, AR-Coated: 1050 - 1620 nm

ITEM #	$	£	€	RMB
LSA01-C	$ 943.00	£ 678.96	€ 820,41	¥ 7,515.71
LSB01-C	$ 667.05	£ 480.28	€ 580,33	¥ 5,316.39
LSB02-C	$ 694.95	£ 500.36	€ 604,61	¥ 5,538.75
LSB03-C	$ 1,247.30	£ 898.06	€ 1.085,15	¥ 9,940.98
LSB04-C	$ 1,546.70	£ 1,113.62	€ 1.345,63	¥ 12,327.20
LSC01-C	$ 677.10	£ 487.51	€ 589,08	¥ 5,396.49

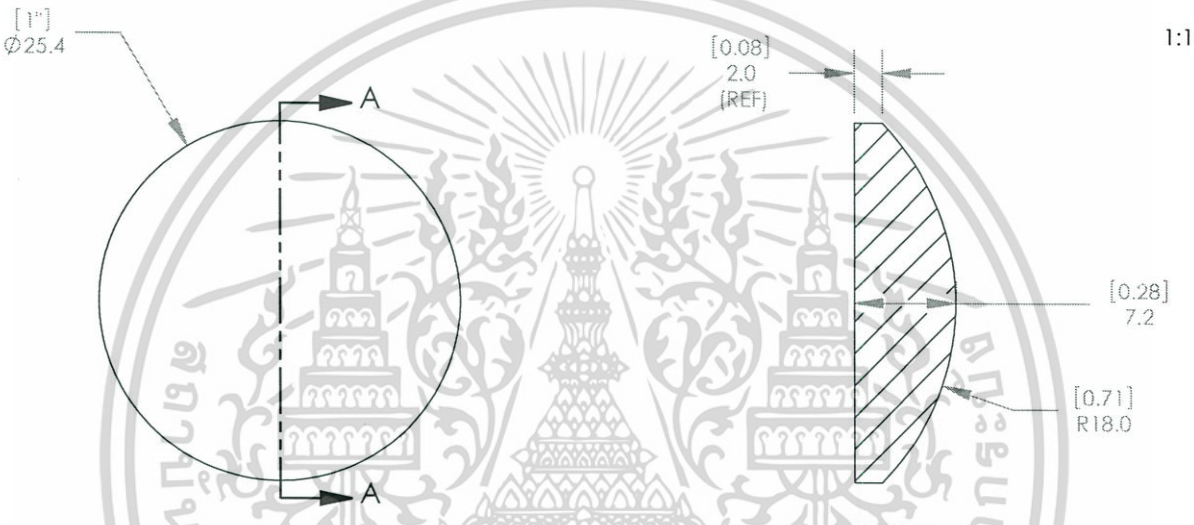
UV Fused Silica Lens Set, Uncoated

ITEM #	$	£	€	RMB
LSB05	$ 1,340.95	£ 965.48	€ 1.166,63	¥ 10,687.37

UV Fused Silica Lens Set, AR-Coated: 290 - 370 nm

ITEM #	$	£	€	RMB
LSB05-UV	$ 1,532.50	£ 1,103.40	€ 1.333,28	¥ 12,214.03

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



1:1 ISOMETRIC VIEW FOR REFERENCE ONLY

NOTES/SPECIFICATIONS:

1. DESIGN WAVELENGTH: 587.6nm
2. FOCAL LENGTH: f=34.9mm ± 1%
3. BACK FOCAL LENGTH(REF): bf=30.1mm
4. CLEAR APERTURE: >90%
5. SURFACE QUALITY: 40-20 SCRATCH-DIG
6. CENTRATION: <3arcmin
7. DIAMETER TOLERANCE: +0.0/-0.1mm
8. THICKNESS TOLERANCE: ±0.1mm
9. COATING: BBAR Ravg<0.5% FROM 350nm-700nm, 0° AOI, ON OUTER OPTICAL SURFACES

ALL DIMENSIONS ARE IN THE FORM $\frac{[in]}{mm}$.

THIS DRAWING IS FOR INFORMATION ONLY
NOT INTENDED FOR MANUFACTURING

	NAME	DATE
DRAWN	WD	11/19/2009
ENG APPR.	BW	11/24/2009
MFG APPR.	DD	12/09/2009

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF THORLABS, INC. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THORLABS, INC. IS PROHIBITED.

THORLABS INC. PO BOX 366 NEWTON NJ

TITLE: D=25.4 F=35.0 N-BK7 A COAT PLANO CONVEX LENS

MATERIAL: N-BK7

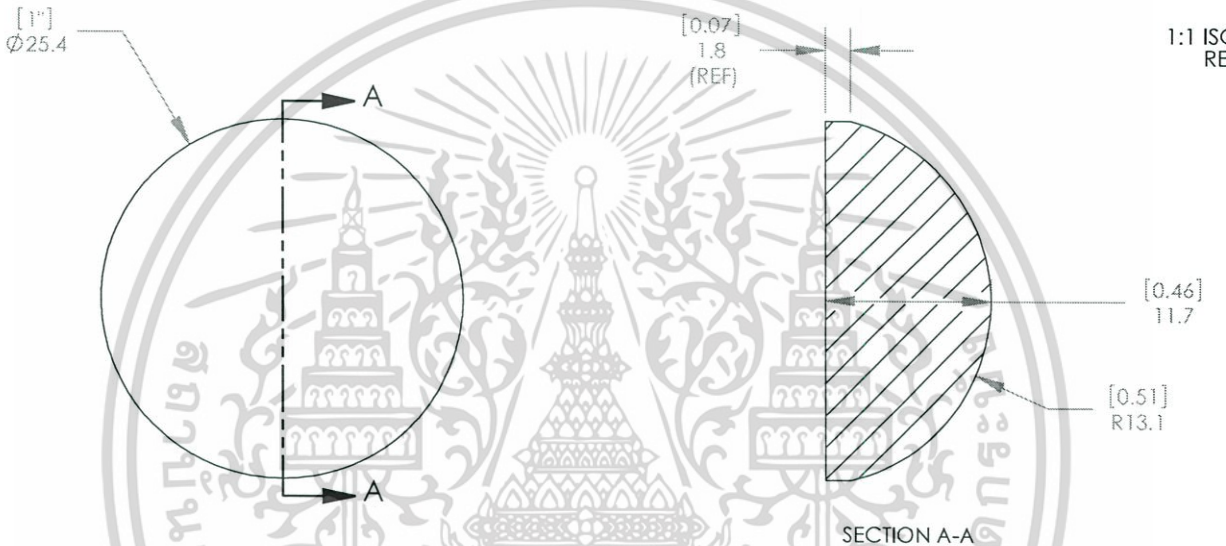
SIZE A | REV. B

SCALE: 2:1 | SHEET 1 OF 1

DWG. NO. 4430-E01 | PART NO. LA1027-A

5 4 3 2 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



1:1 ISOMETRIC VIEW FOR REFERENCE ONLY

NOTES/SPECIFICATIONS:

1. DESIGN WAVELENGTH: 587.6nm
2. FOCAL LENGTH: f=25.3mm ± 1%
3. BACK FOCAL LENGTH(REF): bf=17.6mm
4. CLEAR APERTURE: >90%
5. SURFACE QUALITY: 40-20 SCRATCH-DIG
6. CENTRATION: <3arcmin
7. DIAMETER TOLERANCE: +0.0/-0.1mm
8. THICKNESS TOLERANCE: ±0.1mm
9. COATING: BBAR Ravg<0.5% FROM 350nm-700nm, 0° AOI, ON OUTER OPTICAL SURFACES

ALL DIMENSIONS ARE IN THE FORM $\frac{[in]}{mm}$.

THIS DRAWING IS FOR INFORMATION ONLY
NOT INTENDED FOR MANUFACTURING

	NAME	DATE
DRAWN	WD	11/19/2009
ENG APPR.	BW	11/24/2009
MFG APPR.	DD	12/09/2009

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF THORLABS, INC. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THORLABS, INC. IS PROHIBITED.

THORLABS INC. PO BOX 366 NEWTON NJ

TITLE: D=25.4 F=25.4 N-BK7 A COAT PLANO CONVEX LENS

MATERIAL: N-BK7

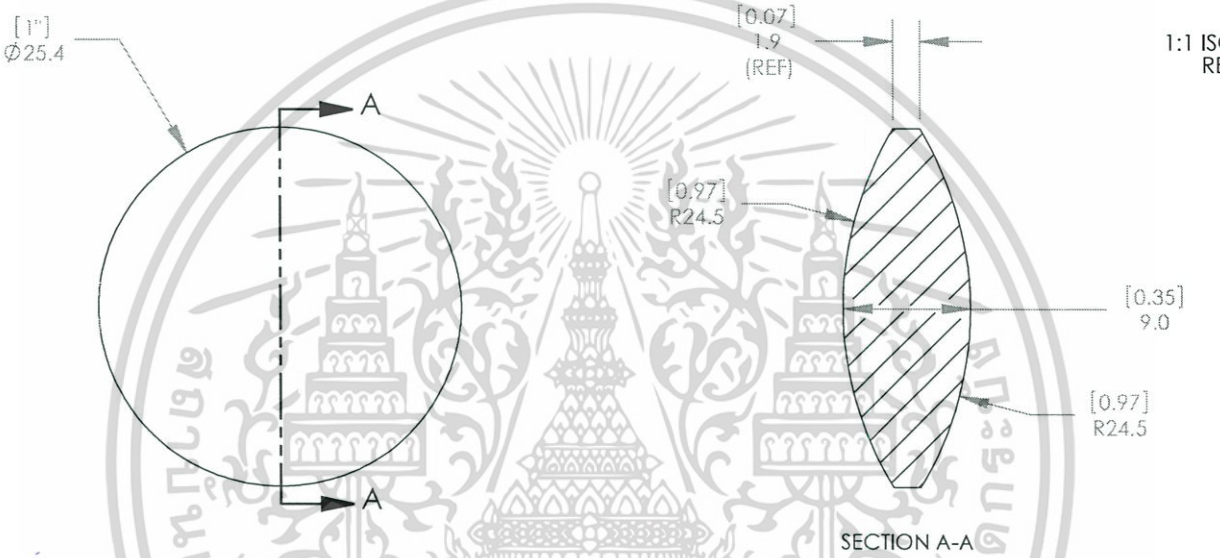
SIZE A | REV. B

SCALE: 2:1 | SHEET 1 OF 1

DWG. NO. 4428-E01 | PART NO. LA1951-A

5 4 3 2 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



1:1 ISOMETRIC VIEW FOR REFERENCE ONLY

NOTES/SPECIFICATIONS:

1. DESIGN WAVELENGTH: 587.6nm
2. FOCAL LENGTH: f=25.3mm ± 1%
3. BACK FOCAL LENGTH(REF): bf=22.2mm
4. CLEAR APERTURE: >90%
5. SURFACE QUALITY: 40-20 SCRATCH-DIG
6. CENTRATION: <3arcmin
7. DIAMETER TOLERANCE: +0.0/-0.1mm
8. THICKNESS TOLERANCE: ±0.1mm
9. COATING: BBAR Ravg<0.5% FROM 350nm-700nm, 0° AOI, ON OUTER OPTICAL SURFACES

ALL DIMENSIONS ARE IN THE FORM [in] / mm.

THIS DRAWING IS FOR INFORMATION ONLY
NOT INTENDED FOR MANUFACTURING

	NAME	DATE
DRAWN	WD	11/19/2009
ENG APPR.	BW	11/24/2009
MFG APPR.	DD	12/09/2009

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF THORLABS, INC. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THORLABS, INC. IS PROHIBITED.

THORLABS INC. PO BOX 366 NEWTON NJ

TITLE: D=25.4 F=25.4 N-BK7 A COAT BI CONVEX LENS

MATERIAL: N-BK7

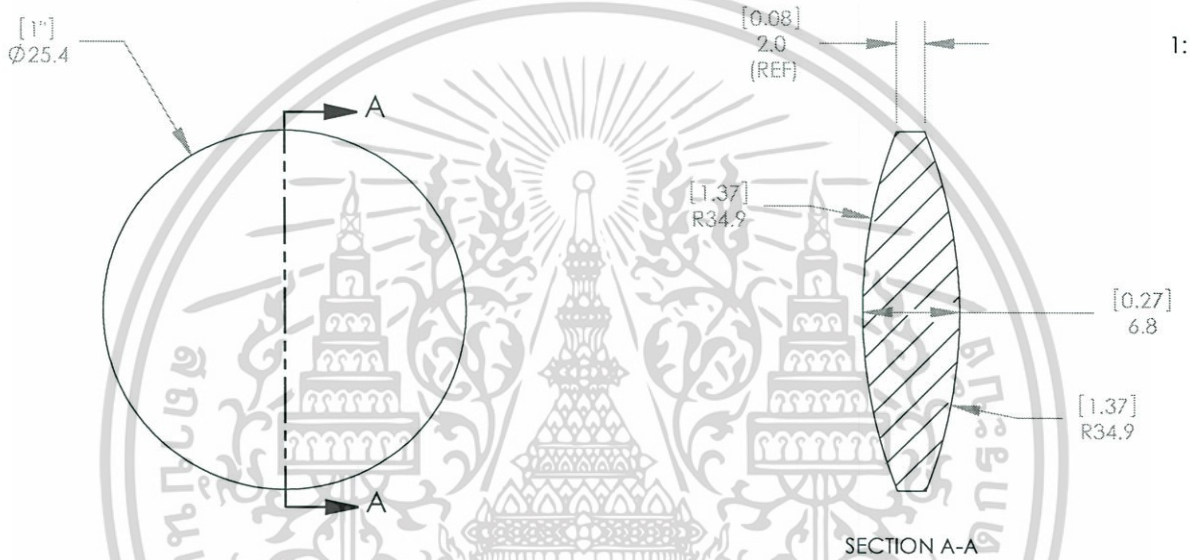
SIZE A | REV. B

SCALE: 2:1 | SHEET 1 OF 1

DWG. NO. 4634-E01 | PART NO. LB1761-A

5 4 3 2 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



1:1 ISOMETRIC VIEW FOR REFERENCE ONLY

NOTES/SPECIFICATIONS:

1. DESIGN WAVELENGTH: 587.6nm
2. FOCAL LENGTH: f=34.9mm ± 1%
3. BACK FOCAL LENGTH(REF): bf=32.6mm
4. CLEAR APERTURE: >90%
5. SURFACE QUALITY: 40-20 SCRATCH-DIG
6. CENTRATION: <3arcmin
7. DIAMETER TOLERANCE: +0.0/-0.1mm
8. THICKNESS TOLERANCE: ±0.1mm
9. COATING: BBAR Ravg<0.5% FROM 350nm-700nm, 0° AOI, ON OUTER OPTICAL SURFACES

ALL DIMENSIONS ARE IN THE FORM $\frac{[in]}{mm}$.

THIS DRAWING IS FOR INFORMATION ONLY
NOT INTENDED FOR MANUFACTURING

	NAME	DATE
DRAWN	WD	11/19/2009
ENG APPR.	BW	11/24/2009
MFG APPR.	DD	12/09/2009

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF THORLABS, INC. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THORLABS, INC. IS PROHIBITED.

THORLABS INC. PO BOX 366 NEWTON NJ

TITLE: D=25.4 F=35.0 N-BK7 A COAT BI CONVEX LENS

MATERIAL: N-BK7

SIZE A | REV. B

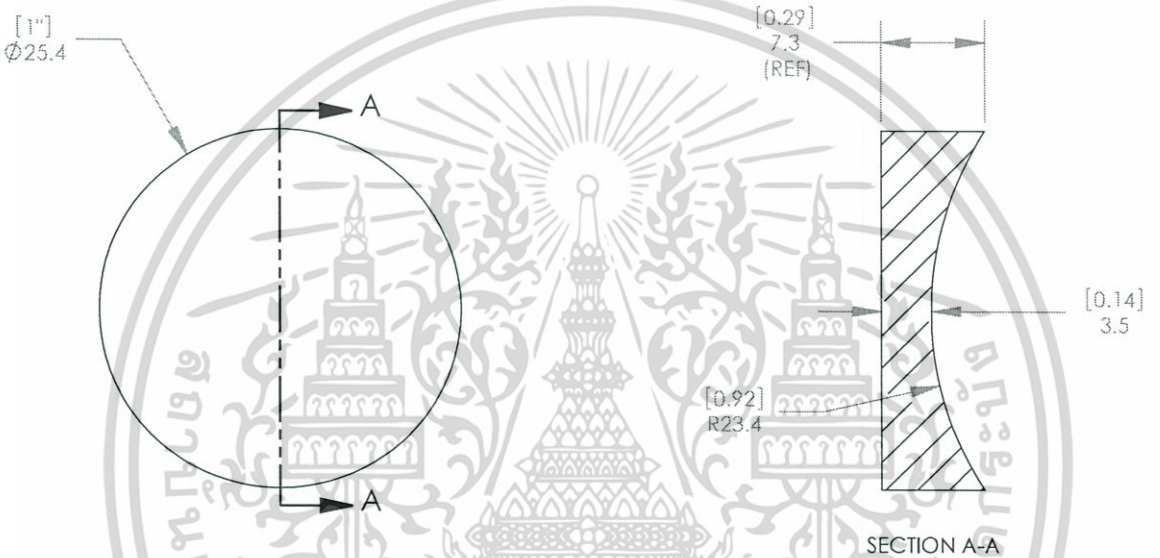
SCALE: 2:1 | SHEET 1 OF 1

DWG. NO. 4636-E01 | PART NO. LB1811-A

5 4 3 2 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

1:1 ISOMETRIC VIEW FOR REFERENCE ONLY



SECTION A-A

NOTES/SPECIFICATIONS:

1. DESIGN WAVELENGTH: 587.6nm
2. FOCAL LENGTH: f= -30.0mm ± 1%
3. BACK FOCAL LENGTH(REF): bf= -31.7mm
4. CLEAR APERTURE: >90%
5. SURFACE QUALITY: 40-20 SCRATCH-DIG
6. CENTRATION: <3arcmin
7. DIAMETER TOLERANCE: +0.0/-0.1mm
8. THICKNESS TOLERANCE: ±0.1mm
9. COATING: BBAR Ravg<0.5% FROM 350nm-700nm, 0° AOI, ON OUTER OPTICAL SURFACES

ALL DIMENSIONS ARE IN THE FORM [in] / mm.

THIS DRAWING IS FOR INFORMATION ONLY
NOT INTENDED FOR MANUFACTURING

	NAME	DATE
DRAWN	BAG	12/14/2009
ENG APPR.	SG	12/22/2009
MFG APPR.	PM	12/23/2009

PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL

THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF THORLABS, INC. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF THORLABS, INC. IS PROHIBITED.

THORLABS INC. PO BOX 366 NEWTON NJ

TITLE: D= 25.4 F= -30.0 N-SF11 A
COAT PLANO CONCAVE LENS

MATERIAL: N-SF11

SIZE A | REV. C

SCALE: 2:1 | SHEET 1 OF 1

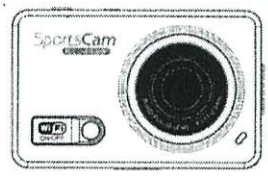
DWG. NO. 5442-E01 | PART NO. LC2679-A

5 4 3 2 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ภาคผนวก ข

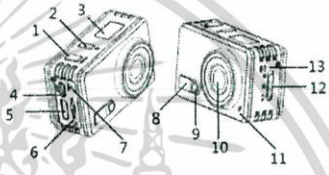
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



User Manual

Thank you for buying our Wi-Fi DV. Before start using this product, please read this manual carefully to maximize its performance and extend the life of the product.

Appearance and Buttons



1

1. Shutter button
2. Power button
3. LCD display
4. Micro USB port
5. Mini HDMI port/charging (Red)
6. Micro SD card slot
7. Reset button
8. WiFi switch
9. WiFi status indicator(orange)and Working IndicatorLight(blue)
10. Lens
11. Indicator Light for
12. Mode Switch
13. Microphone

LCD Display Illustration

Turn on the Wi-Fi DV, the LCD will display the following status and settings:

2

1. Camera mode
2. Video recording mode
3. vehicle-mounted mode
4. TF card icon (display when loaded)
5. Resolution icon:

In camera mode, HI stands for 8 Mega Pixels (3264x2448), and in video recording and vehicle-mounted mode, it stands for FHD (1920x1080,30fps);

In camera mode, LO stands for 5 Mega Pixels (2592x1944), and in video recording and vehicle-mounted mode, it stands for 720P (1280x720,60fps);

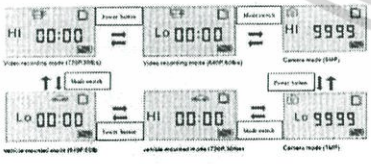
6. Battery icon: current battery level of the camera
7. Counter, displays up to 9999.
8. Timer, displays minutes and seconds.
9. Wi-Fi icon (display when enabled)

3

Note: the above icons may vary according to the status of the DV.

Working Mode Flow Chart

After turn on the DV, you can change the Power button/Mode switch to switch the following modes in turn:



In video recording and vehicle-mounted mode , press the Shutter button to start recording, Working Indicator Light flash, and press it again to stop;In camera mode, press the Shutter button to take photos.

Use your Wi-Fi DV

4

When you use the DV for the first time, please:

1. Insert a micro SD or micro SDHC card, as shown in the following picture.

High speed card at least Class 4 is recommended; Turn off the DV before inserting or removing the card.

2.Charging the battery. The DV uses built-in rechargeable lithium battery. When the DV is off, connect it to the PC via USB cable to charge the battery. **During charging, Indicator Light for charging will light on, and the Indicator off when charging completes.**

Turn on/off

1. Turn on: press and hold ⏻ the button for about 3 seconds, LCD displays "ON". ⏻

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. Turn off: press and hold the button for about 3 seconds, LCD displays "OFF".

Note: The DV will turn off automatically if it is idle for 5 minutes.

Start to Use

Default setting: After turn on the DV, the default setting is as below:

video recording mode	HI stands for FHD (1920x1080,30 fps) video
	Lo stands for 720P (1280x720, 60 fps) video
picture taking mode	HI stands for 8M (3264 x 2448) resolution
	Lostands for 5M (2592 x 1944) resolution
vehicle-mounted mode	HIstands for FHD (1920x1080, 30 fps) video
	Lostands for 720P (1280x720, 60fps) video

1. **video recording**

To record a video, please check whether the DV is under Video mode.

the icon is played on the screen.

Start recording: Press and release the button, the icon and displayed in LCD will flash. At the same time the blue indicator will flash too, meaning the recording is in process.

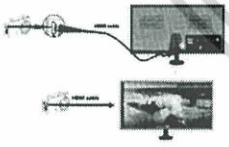
Stop recording: Press and release the button, the icon and displayed in LCD will stop flashing. At the same time the blue indicator will stop flashing either, meaning the recording is stopped.

HI 00:00

HI 00:00

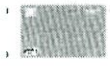
Wi-Fi is disabled by default

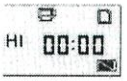
When Wi-Fi is enabled, the Wi-Fi icon will display on LCD



Note: Before connecting or removing the HDMI cable, please stop video recording, playback and disconnect Wi-Fi first.

5.2 When HDTV is connected, it enters Playback mode, the LCD displays as below:





HI 00:00

Video recording mode icon	The DV is in video recording mode.
HI Video resolution	FHD; 1080p,30fps
00:00 Recording time	Stamps for (hh)minute and (ss) second
TF card icon	Display when a TF card is inserted, otherwise no display.
Battery level	Battery is full
Wi-Fi icon	Display when activated.

The DV provides different shooting modes. Conversion is available via the mode switch after startup:

When the TF card is full, or the battery runs out, the recording will stop automatically, and the recorded video will be saved before the DV turns off.

2. **Camera mode**

To take a photo, please check whether the DV is under Camera mode.

the icon is played on the screen.

Press and release the button, the blue indicator will flash, meaning a photo is taken.(If you take photos more than 9999 copies, the LCD screen display only 9999)

3. **vehicle-mounted recording mode**

To record a video, please check whether the DV is under Vehicle-mounted mode.

the icon is played on the screen.

Start recording: Press and release the button, the icon and displayed in LCD will flash. At the same time the blue indicator will flash too, meaning the recording is in process.

Stop recording: Press and release the button, the icon and displayed in LCD will stop flashing. At the same time

4.2 In Camera mode ,the LCD will display as below after turn on the wifi

HI 9999

HI 9999

Wi-Fi is disabled by default

When Wi-Fi is enabled, the Wi-Fi icon will display on LCD

In order to save power, Wi-Fi will be automatically disabled if no terminal is connected after 30 seconds.

5. Connecting to HDTV

5.1 Connect the DV to HDTV via HDMI cable (optional)

If you need to transfer the image and audio to an HDTV for playback, insert the Com end of the HDMI cable to the DV, and the other end (output) to the HD input of the HDTV, as shown in the following figure.

In Playback mode, press the Power button to switch to the next photo or video. When a video file is selected, press the Shutter button to play it, and press the Shutter button again to stop playing.

S/N	Icon name	Description
1	Playback mode	Under Playback mode currently.
2	File number	There are 31 files and you are viewing the 19th one
3	Video icon	The file is a video.

In Playback mode, press and hold the Shutter button, a prompt of deleting the file or formattingwill appear. Press the Wi-Fi button to switch between deleting or formatting,then Press the Power button to select Yes or No, and press the Shutter button to confirmand exit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Connecting to PC

6.1 Turn on the DV and connect it to the USB port of the PC via the attached USB cable. The DV will enter U-disk mode and the LCD will display as below after connection:

Now you can view the photos or videos taken by DV on PC.

6.2 In U-disk mode (PCO mode), press the Shutter button↵ to switch to web cam mode (PCC mode), and the LCD will display as below:

Now you can start the web cam through application. To return to U-disk mode (PCO mode), press the ↵ button again

Note:Driver is not required for web cam mode (PCC mode) on Windows XP(SP3) version or above.

APP (support Android and IOS)

1. How to install an APP

1.1 Search for "iSmart DV" in Google Play (for Android OS) to find the APP and install it according to the instruction.

1.2 Search for "iSmart DV" in APP Store (for iOS) to find the APP and install it according to the instruction.

2.Android APP

2.1 Install iSmart DV APP (provided by dealer or via internet) on smartphone or tablet. When installation completes, the LCD will display .

2.2 Insert the TF card and turn on the DV, then press the Wi-Fi button to enable it. Now you can see the Wi-Fi icon on the LCD.

2.3 Enable Wi-Fi on smartphone or tablet and search for wireless AP signal rtwap_default, then connect it to DV, until the system displays "Connected successfully".

Note: The first time connecting to DV, you need to enter password "1234567890".

2.4 Click the icon in the App list of the smartphone or tablet to open it. Now you can preview the image sent by the DV on the phone or tablet and start some operating. The operation interface on terminal is shown in the following figure.

1. Video resolution
2. White balance
3. Setup (enter setup menu)
4. Enter Playback mode
5. Shutter button
6. Photo mode
7. Video mode
8. Wi-Fi signal icon
9. DV battery icon

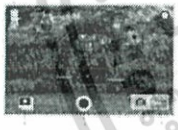
3.IOS APP

3.1 Install iSmart DV APP (provided by dealer or via internet) on iOS phone or tablet. When installation completes, the LCD will display icon .

3.2 Insert the TF card and turn on the DV, then press the Wi-Fi button to enable it. Now you can see the Wi-Fi icon on the LCD

3.3 Enable Wi-Fi on iOS phone or tablet and search for wireless AP signal rtwap_default, then connect it to DV, until the system displays "Connected successfully".

3.4 Click the icon in the App list of the iOS phone or tablet to open it. Now you can preview the image sent by the DV on the phone or tablet and start some operating. The operation interface on terminal is shown in the following figure.



1. DV battery icon
2. Video resolution
3. White balance
4. Setup (enter setup menu)
5. Enter Play Back mode
6. Shutter button
7. Photo mode
8. Video mode

Note:
1. A TF card must be inserted if you need to take a photo, record a video, or download files on the terminal;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้