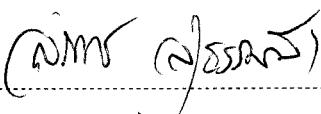



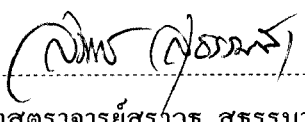
หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การออกแบบสร้างเครื่องวัดแสงสว่าง
ชื่อและนามสกุล นายชัยรัตน์ อุ่นคำ
แขนงวิชา สาธารณสุขศาสตร์
สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์สรารุท สุธรรมมาสา

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระได้ให้ความเห็นของการศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้แล้ว


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์สรารุท สุธรรมมาสา)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมช เชี่ยวชาญ)

คณะกรรมการบัณฑิตศึกษา ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ อนุมัติให้รับการศึกษา
ค้นคว้าอิสระฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาสาธารณสุขศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช


.....
(รองศาสตราจารย์สรารุท สุธรรมมาสา)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
วันที่ 18 เดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2551

ชื่อการศึกษา **ค้นคว้าอิสระ** การออกแบบสร้างเครื่องวัดแสงสว่าง

ผู้ศึกษา นายชัชวรัตน์ อุ่นคำ **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต(การจัดการสิ่งแวดล้อม
อุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์สราวุธ สุพรรณมาสา **ปีการศึกษา** 2550

บทคัดย่อ

ในการตรวจวัดสุขศาสตร์สิ่งแวดล้อมในโรงงาน โดยเฉพาะการตรวจวัดแสงสว่างในพื้นที่ทำงานมีความสำคัญอย่างมาก เครื่องวัดแสงสว่างเป็นอุปกรณ์ที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง ผู้ศึกษาจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องมือต้นแบบขึ้นให้สามารถใช้งานได้ง่าย และมีราคาประหยัดที่สุด โดยใช้งบประมาณ 1,500 บาท

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อออกแบบและสร้างอุปกรณ์ในการตรวจวัดแสงในพื้นที่ทำงานของโรงงานให้มีราคาถูก โดยได้ศึกษารายละเอียดวิธีการตรวจวัดแสงจากเครื่องวัดแสง HIOKI รุ่น 3421 ซึ่งเป็นเครื่องที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เมื่อจัดทำเครื่องต้นแบบขึ้นแล้วนำไปทำการทดสอบการใช้งานโดยผู้ศึกษาได้เชิญ เจ้าหน้าที่จากกลุ่มงานอาชีวสุขศาสตร์และนิรภัยสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 ชลบุรี มาช่วยทำการทดสอบเครื่องมือและให้คำปรึกษาในเรื่องการตรวจวัดด้วย โดยการทดสอบแบ่งเป็นสามส่วน คือทดสอบโดยการนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบในห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน จำนวน 10 ระดับความสว่าง และนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นไปตรวจวัดเปรียบเทียบกับเครื่องต้นแบบในสถานประกอบการจำนวน 15 จุดตรวจวัด ตามมาตรฐานของกฎกระทรวงแรงงาน และหลังจากการทดสอบแล้วได้นำเครื่องมือที่สร้างขึ้น ไปทำการสอบเทียบกับสถาบันที่ได้มาตรฐานของสถาบันมาตรวิทยา

จากการศึกษาผลการทดสอบในครั้งนี้พบว่า การทดสอบในห้องปฏิบัติการที่ได้มาตรฐาน จำนวน 10 ระดับความสว่าง มีค่าความคลาดเคลื่อน 1.01 % และการตรวจวัดแสงจริงในสถานประกอบการ ตามมาตรฐานของกฎกระทรวงแรงงาน มีค่าความคลาดเคลื่อน 2.19 % การสอบเทียบกับสถาบันที่ได้มาตรฐานของสถาบันมาตรวิทยา มีค่าความคลาดเคลื่อน 0.28 % ซึ่งเมื่อเฉลี่ยค่าความคลาดเคลื่อนจากผลการทดสอบทั้งหมดมีค่าเพียง 1.08% จึงสามารถสรุปได้ว่า อุปกรณ์ต้นแบบที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปใช้ตรวจวัดแสงในสถานประกอบการได้

จากการศึกษาในครั้งนี้ หากมีผู้สนใจนำไปพัฒนาต่อไป ผู้ค้นคว้าอิสระมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมนำชิ้นงานนี้ส่งให้ห้องปฏิบัติการที่ให้บริการตรวจวัดสุขศาสตร์โรงงานได้นำไปทดสอบใช้งานจริง ในพื้นที่ทำงานของโรงงานต่างๆ เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำงานจริงมาปรับปรุงอุปกรณ์ต้นแบบ และสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ต่อไป

คำสำคัญ Lux meter เครื่องวัดแสง

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ว่าอิสระฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจากรองศาสตราจารย์สราวุธ สุธรรมมาสา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปราโมช เชื้อวชาญ และเจ้าหน้าที่ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการศึกษาครั้งนี้ จนสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง นอกจากนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 ชลบุรี ที่ให้การสนับสนุน อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ให้คำปรึกษาเพื่อเป็นแนวทางพัฒนาเครื่องมือ และนำเครื่องมือนี้ไปทดลองใช้งานจริง

บริษัท อีเมอร์สัน อิเล็กทริก (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดระยองที่ช่วยสนับสนุนห้องทดลองเครื่องมือ และเพื่อนนักศึกษา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำการศึกษานี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุนและให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา

ผู้ศึกษาหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ความอนุเคราะห์ต่าง ๆ ที่ได้รับจะส่งผลให้ผลการศึกษาครั้งนี้ได้รับการนำไปใช้ประโยชน์อย่างเต็มที่

ชัยรัตน์ อุ่นคำ

ตุลาคม 2550

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การศึกษา	2
ขอบเขตของการศึกษา	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 การสร้างและการพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน	4
การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	4
แนวคิดหรือหลักการในการพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน	22
ขั้นตอนการดำเนินการพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน	23
บทที่ 3 การทดสอบต้นแบบชิ้นงาน	31
บทที่ 4 ผลการทดลองใช้ต้นแบบชิ้นงาน	43
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	45
สรุปผลการทดลองใช้ต้นแบบชิ้นงาน	45
ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	47
ภาคผนวก	48
ก HIOKI LUX Hi TESTER 3421	49
ข Calibration certificate	52
ค Calibration certificate เครื่องต้นแบบ	55
ประวัติผู้ศึกษา	59

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นที่ทำให้มองเห็นแสงสีต่าง ๆ.....	6
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าปริมาณการส่องสว่างในสถานประกอบการ	11
ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดสอบวัดค่าความสว่างในห้องปฏิบัติการ.....	43
ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดสอบวัดค่าความสว่างในโรงงาน.....	44

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1.1 ภาพตัวอย่างของเครื่อง ลักซ์มิเตอร์.....	2
ภาพที่ 2.1 แสดงสเปคตรัมทั้งหมดของพลังงานรังสี.....	6
ภาพที่ 2.2 แสดงลักซ์มิเตอร์.....	17
ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของเครื่องวัดแสงแบบใช้เซลล์สุริยะ.....	19
ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของเครื่องวัดแสงแบบใช้เซลล์แคดเมียมซัลไฟด์.....	20
ภาพที่ 2.5 เครื่องวัดกระแสกัลป์วาโนมิเตอร์ (Gulvanometer)	21
ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดแสงสว่าง.....	22
ภาพที่ 2.7 วงจรการตรวจวัดแสง.....	23
ภาพที่ 2.8 ผังการทำงานของเครื่องวัดแสง.....	24
ภาพที่ 2.9 อุปกรณ์รับแสงสว่าง.....	25
ภาพที่ 2.10 วงจรแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นค่าความสว่าง.....	25
ภาพที่ 2.11 ภาพแสดงอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น.....	26
ภาพที่ 2.12 ภาพแสดงภายในของเครื่องที่สร้างขึ้น.....	27
ภาพที่ 2.13 ภาพแสดงภายในของเครื่องที่สร้างขึ้น.....	27
ภาพที่ 2.14 ภาพแสดงภายในของจอแสดงผล.....	28
ภาพที่ 2.15 ภาพแสดงภายนอกของเครื่องที่สร้างขึ้น.....	28
ภาพที่ 2.16 ภาพแสดงภายนอกของเครื่องที่สร้างขึ้น.....	29
ภาพที่ 2.17 ภาพแสดงภายนอกของเครื่องที่สร้างขึ้น.....	30
ภาพที่ 3.1 การทดสอบเครื่องมือวัดแสง.....	33
ภาพที่ 3.2 การทดสอบเครื่องมือวัดแสง.....	33
ภาพที่ 3.3 การทดสอบเครื่องมือวัดแสง.....	34
ภาพที่ 3.4 การทดสอบเครื่องมือวัดแสง.....	35
ภาพที่ 5.1 ภาพเปรียบเทียบเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องต่างประเทศ.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สถานที่ทำงานเปรียบเสมือนบ้านหลังที่สองของพนักงาน เพราะพนักงานจะต้องใช้เวลาอยู่ในสถานที่ทำงานวันละไม่ต่ำกว่า 8 ชั่วโมง ตลอดระยะเวลาที่อยู่ในสถานที่ทำงาน สิ่งแวดล้อมต่างๆ ของสถานที่มีอิทธิพลต่อการทำงาน และส่งผลกระทบต่อสุขภาพของพนักงานทั้งร่างกายและจิตใจ

แสงสว่าง คือปัจจัยทางกายภาพที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการทำงาน เพราะช่วยในการมองเห็น ซึ่งนับเป็นเครื่องมือสำคัญต่อการเรียนรู้ นอกจากนั้นแสงสว่างยังมีความสำคัญต่อสุขภาพและสวัสดิภาพของพนักงานอย่างมาก ดังนั้นการจัดแสงสว่างในสถานประกอบการจึงต้องจัดให้มีความเหมาะสม โดยเฉพาะในบริเวณที่ทำงานเป็นแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญที่สุดของพนักงาน ซึ่งปกติจะต้องใช้ความสว่างของแสง 300-750 ลักซ์ ถ้าแสงสว่างไม่พอ นอกจากจะก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพทางสายตา โดยตรงแล้ว ยังเป็นอุปสรรคต่อการทำงาน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการทำงานต่ำลง

ผู้ศึกษาได้ตระหนักถึงความสำคัญของแสง และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากความสว่างของแสงในสถานประกอบการไม่เหมาะสม จึงเกิดแนวคิดที่จะศึกษาความเหมาะสมด้านความสว่างของแสงภายในสถานที่ทำงานเพื่อให้มีข้อมูลเบื้องต้น สำหรับใช้ในการวางแผนปรับปรุงพัฒนาสถานที่ทำงานให้เป็นสถานที่ทำงานที่มีความเหมาะสมมากที่สุด ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะสร้างเครื่องมือวัดแสงที่จะสร้างขึ้นเอง โดยใช้หลักการเกี่ยวกับแสงตกกระทบกับ LDR จะทำให้ความต้านทานในวงจรลดน้อยลง มีกระแสไหลมากขึ้นแล้วนำกระแสนี้ไปขยายด้วยไอซีออปแอมป์ และอ่านค่ากระแสที่สเกลไมโครมิเตอร์



ภาพที่ 1.1 ภาพตัวอย่างของเครื่อง ลักซ์มิเตอร์

จากการศึกษาเครื่องต้นแบบนี้ผู้ทำการศึกษาคิดว่าสามารถสร้างเองได้ โดยนำความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์ เรื่องแสง จากการศึกษาเครื่องต้นแบบพบว่าเครื่องต้นแบบใช้ หลักการของการวัดแสงแบบใช้เซลล์สุริยะ นำค่าแสงที่วัดได้มาเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้าเพื่อแปลงเป็นค่าความสว่างของแสงด้วยไมโครแอมป์มิเตอร์แบบเข็ม การอ่านค่าความสว่างของแสงด้วยเข็มซึ่งจะทำให้การอ่านได้ค่าที่ไม่แน่นอน ผู้ศึกษาจึงเกิดแนวความคิดที่จะศึกษาสร้างเครื่องวัดแสง โดยใช้หลักการเดียวกันกับเครื่องต้นแบบแต่นำค่าแสงสว่างที่วัดได้นำมาแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้าแล้วให้แสดงค่าความสว่างของแสงแสดงออกมาเป็นตัวเลขของค่าความสว่าง เพื่อนำมาใช้ในสถานที่ทำงานของตนเอง เพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับการวางแผนและปรับปรุง สถานที่ทำงาน ให้แสงสว่างมีความเหมาะสมต่อการทำงานมากที่สุด

2. วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อสร้างเครื่องต้นแบบที่ราคาถูก และสามารถใช้งานได้จริง

3. ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาและออกแบบสร้าง และเปรียบเทียบการวัดแสงสว่างในสถานที่ทำงานระหว่าง เครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องจากต่างประเทศ และนำเครื่องที่สร้างขึ้นไปทำการเปรียบเทียบ

4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

อุปกรณ์การตรวจวัดแสงสว่างที่สามารถใช้งานได้จริง ในราคาไม่เกิน 1,500 บาท

บทที่ 2

การสร้างและการพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน

1. การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับแสงสว่างในสถานประกอบการ

แสงเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 380 ถึง 780 นาโนเมตร และแต่ละแถบความยาวคลื่น จะมองเห็นเป็นแสงสีต่างๆ กัน คือ ม่วง น้ำเงิน เขียว เหลือง และแดง หน่วยการวัดแสงสว่างจะวัดจากความเข้มข้นของแสง และปริมาณการส่องสว่าง แสงสว่างจะมีแหล่งกำเนิด 2 แหล่ง คือ แหล่งธรรมชาติ และแสงที่เกิดจากการประดิษฐ์ของมนุษย์ ซึ่งมีหลายชนิด เช่น หลอดไฟฟ้าชนิดไส้หลอด หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดเมอคิวรี หลอดโซเดียม หลอดเรืองรอง หลอดซินโครเนียม และหลอดกระยะอาร์คสัน เป็นต้น

การมองเห็นนอกจากจะต้องอาศัยแสงสว่างเป็นส่วนสำคัญแล้ว ปัจจัยอื่นที่ช่วยในการมองเห็น ได้แก่ ความสามารถของดวงตา ความสว่างของวัตถุ ขนาดของวัตถุ ความแตกต่างระหว่างวัตถุกับฉาก การเคลื่อนที่ของวัตถุและสีของวัตถุ การจัดแสงสว่างมีความสำคัญทั้งต่อผู้ปฏิบัติงาน และเจ้าของสถานประกอบการ ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มผลผลิต ลดงบประมาณในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายที่เกิดจากอุบัติเหตุในการทำงาน

มาตรฐานแสงสว่างมีการกำหนดขึ้นตามลักษณะของงาน ซึ่งคำนึงถึงความสัมพันธ์ของความสามารถในการมองเห็นและปริมาณการส่องสว่าง มีหลายสถาบันที่กำหนด สำหรับประเทศไทยหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในการกำหนดปริมาณการส่องสว่าง ได้แก่ กระทรวงแรงงานและกระทรวงอุตสาหกรรม

1.2 สมบัติทางกายภาพของแสงและหน่วยที่ใช้วัดแสง

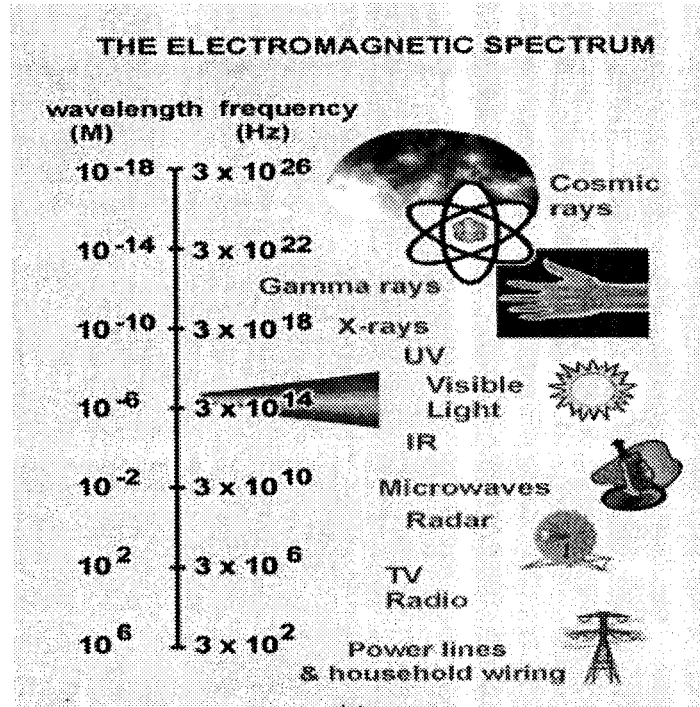
สมบัติทางกายภาพของแสง ในสมัยกรีก เชื่อว่าแสงเกิดจากนัยน์ตามนุษย์ เช่น ยูคลิด (นักเรขาคณิต) พลาโต (นักปรัชญา) ยุคต่อมาต่างเชื่อว่ามีบางสิ่งในดวงตาที่แล่นออกไปสัมผัสกับวัตถุทำให้มองเห็นวัตถุนั้น จนถึงกลางพุทธศตวรรษที่ 22 คริสเตียน ไฮเกนส์ (Christian Heiygens) และเซอร์ไอแซก นิวตัน (Isaac Newton) ได้เสนอทฤษฎีใหม่ นิวตันเชื่อว่าลำของแสงสว่างอาจเป็นธารของละอองเล็ก ๆ ที่ปล่อยออกมาจากวัตถุ และไฮเกนส์ได้นำมาปรับปรุงใหม่โดยปัจจุบันเชื่อว่าแสงเป็นพลังงานที่ถูกปลดปล่อยออกมา พลังงานนี้เรียกว่า โฟตอน (photon) โฟตอนจะออกจากแหล่งกำเนิดแยกเป็นส่วน ๆ แต่ละโฟตอนมีพฤติกรรมในการเคลื่อนที่คล้ายคลื่นเมื่อปะทะสิ่งขวางกั้นอาจถูกสิ่งนั้นดูดกลืนเข้าไปรวมด้วย

แสงจึงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือเป็นส่วนหนึ่งของสเปกตรัมของพลังงานรังสี มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 380 – 780 นาโนเมตร (1 นาโนเมตร = 10^{-9} เมตร) ซึ่งเป็นระยะเดียวกันกับระยะที่มองเห็นได้ชัดที่สุด พลังงานแสงที่เปล่งออกมาจะถูกถ่ายทอดไปด้วยความเร็วแสงที่สุญญากาศ คือ 300×10^6 เมตร/วินาที โดยความยาวคลื่นและความเร็วจะขึ้นกับตัวกลางที่แสงเคลื่อนผ่าน แต่ความถี่ของแสงคงที่ดังความสัมพันธ์

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

เมื่อ

v	=	ความเร็วคลื่นในตัวกลาง
λ	=	ความยาวคลื่นในสุญญากาศ
c	=	ความเร็วแสง
n	=	ค่าสัมประสิทธิ์การหักเหของตัวกลาง



ภาพที่ 2.1 แสดงสเปกตรัมทั้งหมดของพลังงานรังสี

จากภาพที่ 2.1 ทำให้ทราบขอบเขตของความยาว คือ 2×10^{-8} เมตร คลื่นพลังงานแสงที่ส่งออกมาในรูปสเปกตรัมของระดับช่วงความยาวคลื่นที่ทำให้มองเห็นแสงสีต่าง ๆ พลังงานรังสีโดยช่วงที่ถูกนำไปใช้งานกันอย่างแพร่หลาย มีดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นที่ทำให้มองเห็นแสงสีต่าง ๆ

ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	สีที่มองเห็น
< 450	ม่วง
450 – 500	น้ำเงิน
500 – 570	เขียว
570 – 590	เหลือง
> 610	แดง

ที่มา : สุทิน อยู่สุข

นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับแสงสว่าง

เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้อง ควรทราบนิยามศัพท์ที่จำเป็นในการศึกษาเกี่ยวกับแสงสว่าง ดังนี้

แคนเดลา (Candela, cd) เป็นหน่วยวัดความเข้มแสงสว่างในระบบสากล หมายถึง แหล่งกำเนิดที่เป็นจุดที่ให้ความเข้มของแสงคงที่ 1 แคนเดลาในทุก ๆ ทิศทางที่แสงสว่างปล่อยออกมา หรือ 1 แคนเดลา เป็นปริมาณฟลักซ์ที่แผ่ออกมา 1/683 วัตต์/สเตอเรเดียน ที่ความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร หรือความถี่ 540×10^{12} เฮิรตซ์ ในอากาศ

ฟลักซ์แสงสว่าง (Luminous Flux, F) คือ ปริมาณแสงสว่างที่ผ่านพื้นที่หนึ่งในเวลา 1 วินาที มีหน่วยเป็นลูเมน (Lumens) ซึ่งเป็นหน่วยอนุพันธ์ของระบบสากล

ปริมาณการส่องสว่างหรือความเข้มของการส่องสว่าง (Illuminance, E) คือ ฟลักซ์ของแสงที่ตกกระทบต่อพื้นที่ที่กำหนด มีหน่วยเป็น ลูเมน/ตารางฟุต หรือฟุตแคนเดิล ในกรณีพื้นที่ผิวมีหน่วยเป็นตารางฟุต แต่ถ้าหน่วยวัดพื้นที่ผิวเป็นตารางเมตร หน่วยวัดของปริมาณการส่องสว่างจะเป็น ลักซ์ (Lux) หรือ ลูเมน/ตารางเมตร

ฟุตแคนเดิล (Footcandle) หรือฟุตเทียน หมายถึง แสงสว่าง 1 ลูเมนตกลงอย่างเท่าเทียมกันบนพื้นที่ 1 ตารางฟุต มีค่าเท่ากับ 10.76 ลักซ์

ความเข้มแสง หรือกำลังเทียน (Luminous Intensity, I) คือ ผลของปริมาณของแสงสว่างที่ออกจากต้นกำเนิดแสงเปล่งออกมาในทิศทางหนึ่งเป็นหนึ่งหน่วยมุมแ่ง (Solid angle) ใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นแคนเดลา (เดิมเป็น ลูเมน/สเตอเรเดียน)

ฟุตแลมเบอร์ท (Footlambert) คือ ฟลักซ์ แสง 1 ลูเมน สะท้อนออกมาจากพื้นที่ผิว 1 ตารางฟุตของวัตถุ หรือพื้นที่ผิวใดที่สะท้อนแสงออกมาอย่างเท่าเทียมกันด้วยอัตรา 1 ลูเมน/ตารางฟุต จะมีค่าความสว่างเท่ากับ 1 ฟุตแลมเบอร์ท ไม่ว่าจะมองดูจากทิศทางใดก็ตาม

1.3 แหล่งของแสงสว่าง

ต้นกำเนิดของแสงสว่างมี 2 แหล่ง คือ แหล่งแสงสว่างจากธรรมชาติและแหล่งแสงสว่างจากการประดิษฐ์

1. แหล่งแสงสว่างจากธรรมชาติ (Natural Source) ต้นกำเนิดของแสงสว่างในธรรมชาติที่สำคัญ คือ ดวงอาทิตย์
2. แหล่งแสงสว่างจากการประดิษฐ์ (Artificial Source) เป็นต้นกำเนิดแสงสว่างที่มนุษย์ได้ประดิษฐ์คิดค้นโดยอาศัยธรรมชาติและเทคโนโลยี ได้แก่ หลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ

1.4 แสงสว่างกับการมองเห็น

แสงสว่างเป็นสิ่งที่สำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ เพราะถ้าปราศจากแสงสว่างการมองเห็นก็จะเกิดขึ้นไม่ได้ แม้ตาจะไม่บอดก็ตาม แสงสว่างจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการมอง รับรู้ ปฏิบัติงานต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ในสมัยก่อนดวงอาทิตย์นับเป็นแหล่งกำเนิดแสงสว่างที่ยิ่งใหญ่ของมนุษย์ แต่ก็ยังเป็นประโยชน์เฉพาะในเวลากลางวันเท่านั้น ดังนั้น มนุษย์จึงพยายามแสวงหาแสงประดิษฐ์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการมองเห็นเพิ่มขึ้น นอกจากแสงสว่างซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการมองเห็นของมนุษย์แล้ว ยังมีปัจจัยสำคัญอื่น ๆ ที่ช่วยในการมองเห็น คือ

1. ความสามารถในการมองเห็นของดวงตา
2. ความสว่างของวัตถุ (bright)
3. ขนาดและรูปร่างของวัตถุ
4. ความแตกต่างระหว่างวัตถุกับฉาก (contrast)
5. การเคลื่อนที่ของวัตถุ
6. สี

1.5 ความสำคัญในการจัดแสงสว่างในสถานประกอบการ

ในการทำงานนั้น แสงสว่างมีส่วนสำคัญอย่างมากที่จะช่วยให้ผู้ทำงานสามารถทำงานได้อย่างสะดวกสบาย ทำให้งานมีคุณภาพ จากการที่สามารถมองเห็นชิ้นงานได้อย่างชัดเจน ซึ่งการที่จะทำให้เกิดผลผลิตที่ดี หรือเพิ่มขึ้น โดยลดอัตราการสูญเสียของชิ้นงานได้นั้น จำเป็นจะต้องมีการจัดแสงสว่างในสถานที่ทำงานให้เหมาะสมกับสภาพสิ่งแวดล้อมในการทำงาน ดังนั้นการจัดแสงสว่างในสถานที่ทำงานจึงมีความสำคัญ ดังนี้

1. ความสำคัญต่อผู้ทำงาน การจัดแสงสว่างที่ดีจะช่วยทำให้เกิดความสบายในการทำงาน ลดการเกิดอันตรายต่อดวงตา และลดการเกิดอุบัติเหตุในการทำงาน เพราะแสงสว่างมีผลต่อสุขภาพร่างกายโดยตรงเนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับ การมองเห็นของตา ฉะนั้น ตาจึงเป็นอวัยวะที่รับผลโดยตรงจากแสงสว่าง แม้ว่าตาของผู้ทำงานจะสามารถปรับให้เข้ากับแสงที่มากหรือน้อยได้ก็ตาม แต่ก็มีขีดจำกัดถ้าหากระดับความเข้มของแสงสว่างไม่ได้มาตรฐาน และผลที่ตามมาคือเกิดอุบัติเหตุในการทำงานได้ง่ายยิ่งขึ้น จากผลการศึกษาพบว่า แสงสว่างกับอัตราการเกิดอุบัติเหตุโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กันอย่างน้อยที่สำคัญ ปัญหาของแสงสว่างที่มีผลกระทบต่อผู้ทำงาน มีดังนี้

1.1 แสงสว่างน้อยเกินไป จะมีผลเสียต่อสุขภาพของตา ทำให้กล้ามเนื้อตาต้องทำงานมากเกินไป ต้องบังคับขมวดตาให้เปิดกว้าง เพราะมองเห็นงานและสภาพแวดล้อมไม่ชัดเจน ต้องใช้เวลาในการมองนานเพื่อที่จะทราบรายละเอียดของสิ่งที่ตนกำลังมองอยู่ เกิดความเมื่อยล้า เพราะต้องเพ่งตามาก ปวดตา มีนสิริระ ประสิทธิภาพและขวัญกำลังใจในการทำงานลดลง เช่น หยิบจับ หรือใช้เครื่องมือเครื่องจักรไม่ถูกต้อง หรือไปสัมผัสกับส่วนที่เป็นอันตรายของงาน หรือมีปฏิกิริยาตอบสนองเพื่อที่จะหลบหลีกจากสิ่งที่เป็นอันตรายไม่ได้ทันท่วงที นอกจากนี้ถ้าอยู่ในที่ที่มีแสงสว่างไม่เพียงพอาน ๆ จะก่อให้เกิดภาวะตาไม่สู้แสง (miner mystagmus) ได้

1.2 แสงสว่างที่มากเกินไป จากแสงพร่าตาที่เกิดจากแหล่งกำเนิดแสงโดยตรง (direct glare) หรือแสงพร่าตาที่เกิดจากการสะท้อนแสง (reflect glare) จากวัสดุซึ่งอยู่ในสิ่งแวดล้อม เช่น ผนังห้อง เครื่องมือ เครื่องจักร โต๊ะทำงาน อุปกรณ์ในการเขียน เป็นต้น จะทำให้ผู้ทำงานเกิดความไม่สบาย เมื่อยล้า ปวดตา มีนสิริระ กล้ามเนื้อหนังตากระตุก วิงเวียนนอนไม่หลับ การมองเห็นเลวลง จากการมองแสงจากอาร์คไฟฟ้ที่ใช้เชื่อมโลหะโดยตรงทำให้เกิดจุดสว่างที่ในดวงตาลังการมอง ทำให้มองสิ่งอื่น ๆ ไม่ชัดเจน นอกจากนี้จะก่อให้เกิดผลทางจิตใจ คือเบื่อหน่ายในการทำงาน ขวัญและกำลังใจในการทำงานลดลงเป็นผลให้เกิดอุบัติเหตุได้

เช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างจากการศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งพบว่า สถิติการเกิดอุบัติเหตุลดลงถึงร้อยละ 32 ภายหลังจากโรงงานได้เพิ่มแสงสว่างในบริเวณทำงาน จากเดิม 5 ฟุตแคนเดิล (50 ลักซ์) เป็น 20 ฟุตแคนเดิล (200 ลักซ์) และทาสีผนังห้องทำงานใหม่ด้วยสีอ่อนที่สะท้อนแสงได้ดี ซึ่งทำให้ปริมาณการส่องสว่าง ณ จุดที่ทำงานเพิ่มมากขึ้นเป็น 25 ฟุตแคนเดิล (250 ลักซ์) อุบัติเหตุลดลงไปได้อีกร้อยละ 16.5

2. ความสำคัญต่อเจ้าของสถานประกอบการ ในการพิจารณาจัดแสงสว่างที่ถูกต้องมีดังนี้

2.1 เจ้าของสถานประกอบการ มีพนักงานที่ตั้งใจปฏิบัติงาน รับผิดชอบในการปฏิบัติงานเพิ่มขึ้น จากการที่พนักงานเกิดขวัญกำลังใจที่ดีมีความรู้สึกที่ดี เนื่องจากเจ้าของสถานประกอบการสนใจต่อสิ่งอำนวยความสะดวกในการทำงาน

2.2 เพิ่มผลผลิต สืบเนื่องจากข้อ 2.1 เมื่อพนักงานเกิดความรู้สึกที่ดีก็จะมีผลต่อการปฏิบัติงาน คือ ตั้งใจในการทำงานมากยิ่งขึ้น ตัวอย่าง จากการศึกษาในโรงงานทอผ้าแห่งหนึ่งพบว่าผลผลิตไม่ได้ตามต้องการ สาเหตุหนึ่งเนื่องมาจากแสงสว่างในการทำงานไม่เพียงพอ ภายหลังจากมีการปรับปรุงโดยเพิ่มปริมาณการส่องสว่างบริเวณที่ทำงานให้สูงขึ้น จะพบว่าผลผลิตเพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 10.5

2.3 ลดค่าใช้จ่าย ในการจัดแสงสว่างจำเป็นจะต้องคำนึงถึงภาวะเศรษฐกิจรวมถึงประสิทธิภาพ ความทนทาน การใช้วัสดุที่คุณภาพต่ำราคาถูก อาจเป็นปัญหาในระยะยาวในเรื่องการบำรุงรักษาระบบแสงสว่าง เพราะจะทำให้ต้องสิ้นเปลืองในการเปลี่ยนแปลงหลอดไฟใหม่หรือมีความสกปรกง่ายต้องทำความสะอาดบ่อยเกินไป นอกจากนี้ผลของการเกิดอุบัติเหตุอันเนื่องมาจากปัญหาของแสงสว่าง ก็ทำให้ต้องเพิ่มภาระการใช้จ่ายในเรื่องค่ารักษาพยาบาลสำหรับพนักงาน ซึ่งจะรวมถึงปัญหาสุขภาพกายและจิตของพนักงานอีกด้วย และสิ่งที่จะตามมาอีกประการหนึ่งก็คือ ความสูญเสียผลผลิต ตัวอย่าง การศึกษาที่แสดงถึงผลของการจัดแสงสว่างที่ดี ในโรงงานทอผ้าแห่งหนึ่ง ซึ่งมีปัญหาในการทำงานเนื่องจากแสงสว่างไม่เพียงพอ พบว่าภายหลังจากที่ได้มีการปรับปรุงโดยเพิ่มปริมาณการส่องสว่างที่บริเวณทำงานให้สูงขึ้น ผลคือค่าใช้จ่ายอันเนื่องมาจากความผิดพลาดจากการทำงานลดลงถึงร้อยละ 39.6 เมื่อปริมาณการส่องสว่างเพิ่มจาก 16 ฟุตแคนเดิล (160 ลักซ์) เป็น 70 ฟุตแคนเดิล (700 ลักซ์)

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า การจัดแสงสว่างที่ดีเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมในการทำงานมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อผู้ปฏิบัติงาน และเจ้าของสถานประกอบการ ก็จะช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานปลอดภัยในการทำงาน ผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดปัจจัยต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความสูญเสียต่อเศรษฐกิจและที่สำคัญก็คือ ผู้ปฏิบัติงานมีขวัญและกำลังใจในการทำงานที่ดี

1.6 มาตรฐานแสงสว่างในสถานประกอบการ

ค่ามาตรฐานแสงสว่างที่ใช้ในสถานประกอบการ จะได้จากความสัมพันธ์ของความสามารถในการมองเห็นชิ้นงานและความเข้มของแสง ซึ่งจะรวมข้อคำนึงในเรื่องความสบายไว้ด้วย สำหรับค่าของแสงสว่างที่สามารถเลือกไปใช้ประกอบการจัดแสงสว่าง มักจะใช้ค่าความส่องสว่างในช่วง 20 - 1,000 ลักซ์ คำแนะนำในเรื่องค่ามาตรฐานปริมาณส่องสว่างจะได้จากองค์การที่เกี่ยวข้องกับเรื่องแสงสว่างในสถานประกอบการ เช่น กระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เป็นต้น สำหรับประเทศไทยใช้แนวทางการจัดแสงสว่างในสถานประกอบการ ซึ่งเป็นไปตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2546 และกระทรวงแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. ๒๕๔๕ หมวด ๒ แสงสว่าง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์) บริเวณโดยรอบที่ให้อุปกรณ์ใดคนหนึ่งทำงาน โดยสายตามองเฉพาะจุดในการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)

พื้นที่ 1	พื้นที่ 2	พื้นที่ 3
1,000-2,000	300	200
มากกว่า 2,000-5,000	600	300
มากกว่า 5,000-10,000	1,000	400
มากกว่า 10,000	2,000	600

ที่มา : กระทรวงแรงงาน

หมายเหตุ :

พื้นที่ ๑ หมายถึง จุดที่ให้อุปกรณ์ทำงาน โดยสายตามองเฉพาะจุดในการปฏิบัติงาน

พื้นที่ ๒ หมายถึง บริเวณถัดจากที่ให้อุปกรณ์ใดคนหนึ่งทำงานในรัศมีที่อุปกรณ์เอื้อมมือถึง

พื้นที่ ๓ หมายถึง บริเวณโดยรอบที่คิดพื้นที่ ๒ ที่มีกรปฏิบัติงานของอุปกรณ์ใดคนหนึ่ง

สำหรับประเทศไทยนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสภาพการทำงาน ซึ่งได้แก่ กระทรวงอุตสาหกรรม และ กระทรวงแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง มาตรการคุ้มครองความปลอดภัยในการประกอบกิจการโรงงานเกี่ยวกับสภาวะแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. 2546 หมวด 2 แสงสว่าง

ข้อ 5 ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องป้องกันมิให้มีแสงตรง หรือแสงสะท้อนส่องเข้าตาคนงานในการปฏิบัติงาน

ข้อ 6 ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดให้มีแสงสว่างเพียงพอแก่การทำงานอย่างทั่วถึงสามารถมองเห็นสิ่งกีดขวาง และส่วนที่อาจก่อให้เกิดอันตรายจากการเคลื่อนไหวของเครื่องจักรหรืออันตรายจากไฟฟ้า ตลอดจนบันไดขึ้นลงและทางออก ในเวลาที่มีเหตุฉุกเฉินอย่างชัดเจน ตามหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

- (1) ลานถนนและทางเดินนอกอาคารโรงงาน ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 20 ลักซ์ (LUX) หรือ 2 ฟุต - แคนเดิล (Foot Candle)
- (2) บริเวณทางเดินในอาคารโรงงาน ระเบียง บันได ห้องพักผ่อน ห้องพักพื้นของพนักงาน ห้องเก็บของที่มิได้มีการเคลื่อนย้าย ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 50 ลักซ์
- (3) บริเวณการปฏิบัติงานที่ไม่ต้องการความละเอียด ได้แก่ บริเวณการสีข้าว สางฝ้าย หรือการปฏิบัติงานขั้นแรกในกระบวนการอุตสาหกรรมต่าง ๆ และบริเวณจุดขนถ่ายสินค้า ป้อมขาม ลิฟท์ ห้องเปลี่ยนเสื้อผ้าและบริเวณตู้เก็บของ ห้องน้ำและห้องส้วม ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 100 ลักซ์
- (4) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดน้อยมาก ได้แก่ งานหยาบที่ทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร ชิ้นงานมีขนาดใหญ่กว่า 750 ไมโครเมตร (0.75 มิลลิเมตร) การตรวจงานหยาบด้วยสายตา การนับ การตรวจเช็คสิ่งของที่มีขนาดใหญ่ และบริเวณพื้นที่ในโกดัง ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 200 ลักซ์
- (5) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดน้อย ได้แก่ บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับงานรับจ่ายเสื้อผ้า การทำงานไม้ที่มีชิ้นงานขนาดปานกลาง งานบรรจุน้ำลงขวดหรือกระป๋อง งานเจาะรู ทากาว หรือเย็บเล่มหนังสือ ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 300 ลักซ์

ในบริเวณการปฏิบัติงานที่มีขนาดของชิ้นงานตั้งแต่ 125 ไมโครเมตร (0.125 มิลลิเมตร) ได้แก่ งาน

เกี่ยวกับงานประจำในสำนักงาน เช่น งานพิมพ์ดีด เขียนและอ่าน งานประกอบรถยนต์และตัวถัง การทำงานไม้อย่างละเอียด ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 400 ลักซ์

(6) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดปานกลาง ได้แก่ งานเขียนแบบ งานระบายสี ฟันสีและตกแต่งสีอย่างละเอียด งานพิสูจน์อักษร งานตรวจสอบ ชิ้นสุดท้าย ในโรงงานผลิตรถยนต์ ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 600 ลักซ์

(7) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูง โดยมีขนาดของชิ้นงานตั้งแต่ 25 ไมโครเมตร (0.025 มิลลิเมตร) ได้แก่ บริเวณที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบงานละเอียด เช่น การปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องและความแม่นยำของอุปกรณ์ การระบายสี ฟันสี และตกแต่งชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดมากเป็นพิเศษ งานซ่อมสี ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 800 ลักซ์ ในบริเวณการปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบ การตัดเย็บเสื้อผ้าด้วยมือ การตรวจสอบและตกแต่งสินค้าสิ่งทอ สิ่งถัก หรือเสื้อผ้าที่มีสีอ่อนชิ้นสุดท้ายด้วยมือ การคัดแยกและเทียบสีหนังที่มีสีเข้ม การเทียบสีในงานซ่อมผ้า ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 1200 ลักซ์

(8) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูงมาก ได้แก่ งานละเอียดที่ต้องทำบนโต๊ะหรือเครื่องจักร เช่น ทำเครื่องมือและแม่พิมพ์ที่มีรายละเอียดขนาดเล็กกว่า 25 ไมโครเมตร (0.025 มิลลิเมตร) งานตรวจสอบตรวจวัดชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กหรือชิ้นงานที่มีส่วนประกอบขนาดเล็ก งานซ่อมแซมสินค้า สิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีอ่อน งานตรวจสอบและตกแต่งชิ้นส่วนของสินค้า สิ่งทอ สิ่งถักที่มีสีเข้มด้วยมือ ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 1600 ลักซ์

(9) บริเวณการปฏิบัติงานที่ต้องการความละเอียดสูงมากเป็นพิเศษ ได้แก่ การปฏิบัติงานเกี่ยวกับการตรวจสอบชิ้นงานที่มีขนาดเล็กมาก การเจาะระโนแพชร การทำนาฬิกา ข้อมูลในกระบวนการที่มีขนาดเล็ก การถัก ซ่อมแซมเสื้อผ้า ถุงเท้าที่มีสีเข้ม ความเข้มของการส่องสว่างต้องไม่น้อยกว่า 2400 ลักซ์

ข้อ 7 ความเข้มของการส่องสว่างที่ปฏิบัติงานหรือลักษณะการปฏิบัติงาน

นอกเหนือจากที่กำหนดไว้ในข้อ 6 ผู้ประกอบกิจการโรงงานต้องจัดให้มีความเข้มของการส่องสว่าง เทียบเคียงไม่ต่ำกว่า หลักเกณฑ์ที่ได้กำหนดไว้

กระทรวงแรงงาน กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน กำหนดมาตรฐานในการบริหารและการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่าง และเสียง พ.ศ. ๒๕๔๕ หมวด ๒ แสงสว่าง

ข้อ ๕ นายจ้างต้องจัดให้สถานประกอบกิจการมีความเข้มของแสงสว่าง ดังต่อไปนี้

(๑) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๑ ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณพื้นที่ทั่วไปภายในสถานประกอบกิจการ เช่น ทางเดิน ห้องน้ำ ห้องพัก

(๒) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๒ ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณพื้นที่ใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตที่ถูกจ้างทำงาน

(๓) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๓ ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณที่ถูกจ้างต้องทำงาน โดยใช้สายตามองเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาคู่กับที่ในการทำงาน

(๔) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่เทียบเคียงที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๔ ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณที่ถูกจ้างต้องทำงาน โดยใช้สายตามองเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาคู่กับที่ในการทำงาน ในกรณีที่ความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ถูกจ้างทำงานมิได้กำหนดมาตรฐานไว้ในตารางที่ ๓

(๕) ไม่ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้ในตารางที่ ๕ ท้ายกฎกระทรวงนี้ สำหรับบริเวณรอบ ๆ สถานที่ที่ถูกจ้างต้องทำงาน โดยใช้สายตามองเฉพาะจุด

ข้อ ๖ นายจ้างต้องใช้หรือจัดให้มีฉาก แผ่นฟิล์มกรองแสง หรือมาตรการอื่นที่เหมาะสม

และเพียงพอ เพื่อป้องกันมิให้แสงตรงหรือแสงสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงหรือดวงอาทิตย์ที่มีแสงจ้าส่องเข้านัยน์ตาถูกจ้างโดยตรงในขณะที่ทำงาน ในกรณีที่ไมอาจป้องกันได้ ต้องจัดให้ถูกจ้างสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลตามที่กำหนดไว้ในหมวด ๔ ตลอดเวลาที่ทำงาน

ข้อ ๗ ในกรณีที่ถูกจ้างต้องทำงานในสถานที่มืด ทึบ คับแคบ เช่น ในถ้ำ อุโมงค์ หรือ

ในที่ที่มีลักษณะเช่นว่านั้น นายจ้างต้องจัดให้ถูกจ้างสวมหมวกนิรภัยที่มีอุปกรณ์ส่องแสงสว่าง หรือมีอุปกรณ์ส่องแสงสว่างอื่นที่เหมาะสมแก่สภาพและลักษณะของงานตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ในหมวด ๔ ตลอดเวลาที่ทำงาน

1.7 หลักการจัดแสงสว่างในสถานประกอบการ

การจัดแสงสว่างในสถานประกอบการ โดยทั่วไปจะมีวัตถุประสงค์ให้การมองเห็นเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพเกิดความสุขสบาย สะดวกในการมองเห็น และในแง่เศรษฐกิจก็คือ การนำพลังงานมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดงบประมาณ

การจัดแสงสว่างในสถานประกอบการมีหลักในการพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ลักษณะของห้องทำงาน
2. คุณภาพและปริมาณของแสงสว่าง
3. การเลือกระบบแสงสว่างและแหล่งกำเนิดแสงสว่าง
4. การควบคุมแสงสว่าง
5. ภาวะเศรษฐกิจ

1.8 ความสำคัญในการตรวจวัดแสงสว่าง

การตรวจวัดแสงสว่างจะดำเนินการภายหลังติดตั้งระบบแสงสว่าง ตรวจในระยะใช้งาน เป็นการเฝ้าระวัง และเมื่อต้องการตรวจสอบเพื่อควบคุมคุณภาพให้เป็นไปตามมาตรฐานจึงมีความสำคัญดังนี้

1. เพื่อตรวจสอบภายหลังการติดตั้งระบบแสงสว่างในการจัดแสงสว่างในสถานประกอบการ ซึ่งมีลักษณะงานรวมถึงขนาดอาคารแตกต่างกันไปทำให้ต้องการแสงสว่างมีความแตกต่างกันไปด้วยตามความเหมาะสมของลักษณะงานและผู้ปฏิบัติ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว การจัดการแสงสว่างที่ได้จากการคำนวณ ต้องอาศัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆที่จะช่วยให้แสงสว่างที่ออกมามีประสิทธิภาพต่อการทำงานมากที่สุด ก็จำเป็นต้องมีการตรวจสอบปริมาณแสงสว่างภายหลังการติดตั้งว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่

2. เพื่อการเฝ้าระวังระบบแสงสว่าง จากการใช้แสงสว่างไประยะหนึ่งจะพบว่า มีการเสื่อมของแสงสว่างซึ่งปัจจัยที่เกี่ยวข้องคือ

2.1 อุณหภูมิของดวงไฟ อาจเกิดผลกระทบกับผู้ปฏิบัติงาน และระบบอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่นระบบระบายอากาศ เครื่องทำความเย็น เป็นต้น

- 2.2 มีความต้องการกำลังไฟฟ้ามากขึ้น
- 2.3 มีความเสื่อมของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น บัลลาสต์ เป็นต้น
- 2.4 มีความเสื่อมของดวงไฟ เนื่องจากวัสดุที่นำมาผลิตมีคุณภาพลดลง เช่น เปลี่ยนสี
- 2.5 ความสกปรกของพื้นผิวห้อง
- 2.6 ความเสื่อมของแสง คือแสงสว่างจากดวงไฟลดลงตามสัดส่วนการใช้งาน
- 2.7 ความสกปรกของดวงไฟ

จากสภาพความเสื่อมต่างๆ ของดวงไฟนั้น ส่วนหนึ่งบริษัทผู้ผลิตจะกำหนดไว้แล้ว ดังนั้น ผู้รับผิดชอบในการดูแลแสงสว่างต้องเฝ้าระวังเรื่อง การส่องสว่าง ให้เป็นไปตามมาตรฐานหรือตามที่กำหนดไว้อย่างเหมาะสมกับสภาพงาน จึงควรจะได้มีการตรวจสอบแสงสว่างเป็นระยะๆ เพื่อการแก้ไขปรับปรุงแสงสว่างต่อไป

3. เพื่อเป็นการตรวจสอบการส่องสว่างให้เป็นไปตามข้อกำหนด การตรวจวัดแสงสว่างจะมีความจำเป็นต่อบุคลากรที่ทำหน้าที่ควบคุมคุณภาพมาตรฐานแสงสว่างในสถานประกอบการ เช่น เจ้าหน้าที่ตรวจโรงงาน เจ้าหน้าที่สถาบันความปลอดภัยในการทำงาน และเจ้าหน้าที่กองอาชีวอนามัย ซึ่งจะต้องทำหน้าที่ตรวจวัดแสงสว่าง ว่าเป็นไปตามมาตรฐานกำหนดหรือไม่

1.9 ความสำคัญในการบำรุงรักษาแสงสว่าง

จากเหตุความเสื่อมของแสงสว่างดังกล่าวจึงจำเป็นต้องหาวิธีการที่จะช่วยลดปัญหาที่จะให้กระบวนการแสงสว่างดำเนินการต่อไปได้ ซึ่งวิธีหนึ่งที่น่ามาใช้ก็คือ การบำรุงรักษาแสงสว่าง โดยมีเหตุผลดังนี้

1. เพื่อให้เกิดความสว่างของพื้นที่การใช้งาน พื้นผิวต่างๆรวมทั้งดวงไฟและแสงสว่างให้ เป็นไปได้ตามปกติ การบำรุงรักษาที่ถูกต้องจะช่วยให้อายุการใช้งานเพิ่มขึ้นร้อยละ 25-35 จากระดับปกติและถ้าบำรุงรักษาไม่ถูกต้องจะทำให้การใช้งานลดลง ร้อยละ 50
2. การกำหนดระบบบำรุงรักษาที่ดี จะช่วยรักษาพลังงานแสงสว่างไว้ได้ แต่ข้อเสียของการบำรุงรักษาที่บ่อนเกินไปโดยที่ไม่มีการวางแผน จะทำให้สูญเสียเศรษฐกิจ และเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ซึ่งโดยทั่วไปการพิจารณาว่าจะบำรุงรักษาเมื่อใดนั้น จะใช้วิธีตรวจสอบแสงสว่างเพื่อประเมินปริมาณแสงสว่าง โดยระยะเวลาที่เหมาะสมในการตรวจวัดแสงภายหลังการติดตั้งคือ เมื่อดวงไฟมีอายุการใช้งาน 100 ชั่วโมง

1.10 การตรวจวัดแสงสว่าง

เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดแสงสว่าง ที่นิยมใช้ทั่วไปคือ ลักซ์มิเตอร์ (luxmeter) ซึ่งภายในบรรจุแสงเซลล์แสง ทำจากซีลีเนียม (selenium) หรือซิลิกอน (silicon) เป็นตัวรับแสงสว่าง แล้วแปลค่าเป็นแรงดันไฟฟ้า หน่วยที่วัดได้มีค่าเป็นลักซ์



ภาพที่ 2.2 แสดงลักซ์มิเตอร์

1. วิธีการวัดแสง

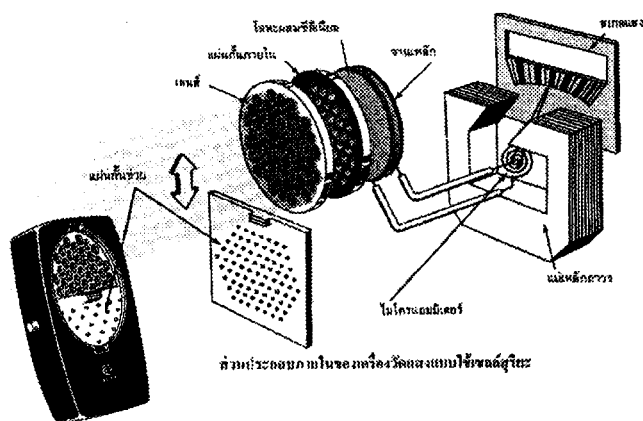
- 1.1 ตรวจสอบเครื่องวัดให้เข็มชี้ที่เลขศูนย์ก่อนวัดโดยป้องกันเซลล์แสงสว่างจากแหล่งอื่น
- 1.2 ปรับปุ่มวัดไว้ที่ตำแหน่ง 3000 ลักซ์ หรือตำแหน่งสูงสุด กรณีไม่ทราบค่าประมาณของระดับการส่องสว่างและคาดว่าค่าการส่องสว่างไม่เกินกำหนดไว้
- 1.3 ดำเนินการวัดแสงสว่าง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ
- 1.4 ตั้งเครื่องวัดไว้นาน 1 – 5 นาที แล้วอ่านค่าในขณะที่วัดต้องควบคุมการเคลื่อนไหวของสิ่งรอบๆ เครื่องมือวัด เพราะจะมีผลต่อการสะท้อนแสงเข้าเครื่องมือ

2. ข้อพึงระวัง

- 2.1 ต้องแน่ใจว่าเซลล์แสงจะไม่รับแสงเกินที่ตั้งไว้ เพราะรับเกินอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวัดและเครื่องมือวัดเสียได้
- 2.2 เมื่อเก็บเครื่องวัดแสงต้องตรวจสอบว่าปุ่มวัดชี้ตำแหน่ง 3000 ลักซ์ หรือตำแหน่งสูงสุด
- 2.3 เครื่องตรวจวัดแสงไม่ควรเก็บในที่ที่มีความชื้น สั่นสะเทือนและรับแสงอาทิตย์โดยตรง
- 2.4 ข้อผิดพลาดในการวัด อาจจะได้รับผลจากรังสีของแสงอื่น เช่น อุลตราไวโอเลต อินฟราเรด ซึ่งเครื่องมือวัดสามารถรับแสงเหล่านี้ได้ แต่เกิดขึ้นน้อยมากในกรณีที่ใช้ผ้าครอบ (opal glove)

1.11 ชนิดของเครื่องวัดแสง

เครื่องวัดแสงมีแบบใช้เซลล์สุริยะ ซึ่งสามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าได้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณแสงที่กระทบกับผิวโดยตรงกับปริมาณแสงที่กระทบกับผิวเซลล์ กระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จะทำให้เข็มของไมโครแอมมิเตอร์เคลื่อนที่ เครื่องวัดแสงบางแบบใช้เซลล์เหนี่ยวนำแสงซึ่งเป็นตัวต้านที่มีความไวต่อแสง โดยต่ออนุกรมกับเบตเตอร์และไมโครแอมมิเตอร์ เครื่องวัดแสงทุกชนิดจะมีหน้าปัดแสดงค่าของแสง ตามที่เครื่องวัดอ่านได้ เครื่องวัดแสงบางแบบใช้วัดแสงสะท้อน บางแบบอาจใช้วัดแสงตกกระทบ โดยวางเครื่องวัดไว้ใกล้กับเป้าหมาย นอกจากนี้ยังมีเครื่องวัดที่สามารถวัดได้ทั้งลำแสงสะท้อนและลำแสงตกกระทบด้วย ดังภาพที่ 2.3

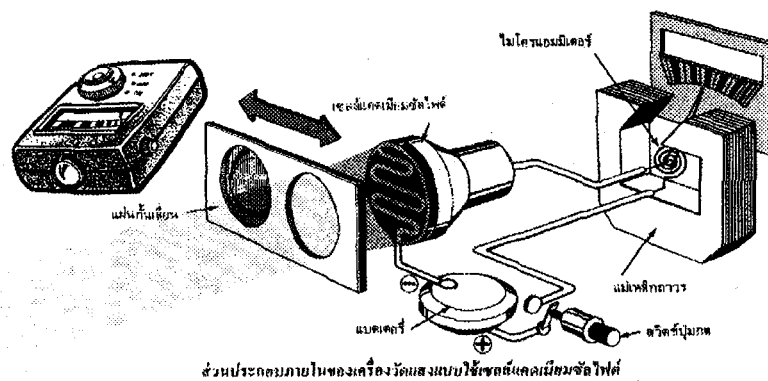


ภาพที่ 2.3 ส่วนประกอบของเครื่องวัดแสงแบบใช้เซลล์สุริยะ

เครื่องวัดแสงในภาพที่ 2.3 แสงผ่านเข้าแผ่นกั้นช่วยซึ่งอยู่ด้านหลัง ถ้ามีแสงแผ่นกั้นช่วยจะเปิดออกกว้างเต็มที่เพื่อให้เลนส์รับแสงได้มาก การวางตำแหน่งของแผ่นกั้นจะเปลี่ยนสเกลที่เหมาะสมในช่องหน้าต่างเครื่องวัดแสงอย่างอัตโนมัติ หลังจากนั้นแสงจะผ่านเลนส์และแผ่นกั้นภายในและกระทบกับเซลล์สุริยะผ่านเข้าไปในชั้นตัวนำบางโปร่งใส และชนกับชั้นซิลิเนียมอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกกระตุ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของแสง กระแสไฟฟ้า 0.5 ถึง 100 ไมโครแอมป์ จะไหลผ่านชั้นตัวนำไปยังจานเหล็กด้านล่าง สายไฟที่ต่อระหว่างชั้นตัวนำกับจานเหล็ก จะเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดของไมโครแอมมิเตอร์ซึ่งหมุนไปมาได้เพื่อเคลื่อนย้ายเข็มชี้

เครื่องวัดแสงในภาพที่ 2.4 ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่และเซลล์เหนี่ยวนำแสง “แคดเมียมซัลไฟด์” เซลล์ที่ช่วยให้สามารถอ่านค่าได้ถูกต้องแม้ว่าความเข้มของแสงจะต่ำมากก็ตาม ความต้านทานของเซลล์แคดเมียมซัลไฟด์เปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มของแสง เซลล์แคดเมียมซัลไฟด์ต่ออนุกรมกับแบตเตอรี่ ปุ่มสวิตช์และขดลวดจะทำให้เข็มเคลื่อนที่ไปตามหน้าปัด แสงที่กระทบบนเซลล์จะ กระตุ้น โมเลกุลแคดเมียมซัลไฟด์ให้ปล่อยอิเล็กตรอนออกมาจำนวน

มาก อิเล็กตรอนอิสระช่วยลดความต้านทานของเซลล์ จึงทำให้กระแสไฟฟ้าไหลเพิ่มมากขึ้น ถ้าความเข้มของแสงลดลงความต้านทานของเซลล์จะเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าก็จะไหลน้อยลง ดังนั้นความเข้มของแสงยิ่งมาก ความต้านทานของเซลล์ก็ยิ่งลดลง ไมโครแอมมิเตอร์ ก็ยังอ่านได้ค่ามากดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 ส่วนประกอบของเครื่องวัดแสงแบบใช้เซลล์แคดเมียมซัลไฟด์

2.12 ชนิดของเซลล์รับแสง (Photo-cell)

เซลล์รับแสง (Photo-cell) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้า ซึ่งแยกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้แก่ เซลล์เซลเนียม (Selenium) แคดเมียมซัลไฟด์ (cadmium sulphide cell) เซลล์ซิลิคอน (silicon cell) และบางชนิดใช้เซลล์แคลเซียมอาร์เซนิค ฟอสโฟเนส (Calcium Arsenic Phosphores เรียกว่า CAP)

1.1 เซลล์เซลเนียม มีลักษณะเป็นแผ่นกลมหรือสี่เหลี่ยมบาง ๆ เคลือบด้วยเซลเนียมเป็นสำคัญ ซึ่งมีคุณสมบัติเปลี่ยนพลังงานของแสงสว่างเป็นพลังงานไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะควบคุมให้เครื่องวัดกระแสกลับป้อนไมโครโวลต์ทำงานโดยตรง ซึ่งต่อเข้ากับสเกลบอกค่าของแสง แล้วแปลงเป็นค่า f-number ด้วยเครื่องคำนวณ โดยไม่ต้องอาศัยแบตเตอรี่ เหมาะสำหรับเครื่องวัดแสงแบบใช้มือถือเพราะต้องใช้พื้นที่มากและมีความไวแสงช้าใช้งานได้ทั่วไป

.....1.2 เซลล์แคดเมียมซัลไฟด์ ซึ่งตัวของมันเองนั้นไม่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้แต่จะมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนความต้านทานของกระแสไฟฟ้าตามสภาพแสงที่ได้รับ ในสภาพแสงน้อยเซลล์จะมีความต้านทานสูง และความต้านทานจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อปริมาณของแสงสว่างบนเซลล์

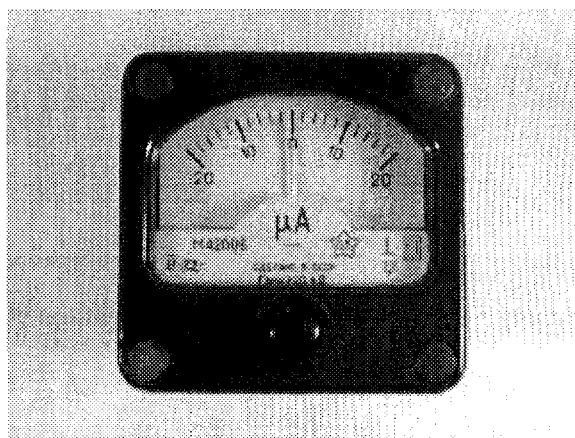
เพิ่มมากขึ้น การทำงานต้องอาศัยแบตเตอรี่จำพวกเงินออกไซด์ (silver oxide) ก้อนเล็ก ๆ มีกระแสระหว่าง 1.3 และ 1.6 โวลต์ สามารถวัดแสงได้แม้ในที่ที่มีแสงน้อยก็ตาม แต่ขนาดเล็กและไวแสงมากกว่าเซลล์เซลล์เนียม การควบคุมระดับแสงต้องรอการไหลของกระแสระหว่างแบตเตอรี่ กัลกัลวาโนมิเตอร์ จึงต้องใช้เวลากหลายวินาที กว่าเข็มจะชี้บอกปริมาณแสงที่แท้จริงได้ โดยเฉพาะเมื่อต้องใช้ในที่ที่ต้องมีการเปลี่ยนแปลงแสง

.....1.3 เซลล์ซิลิคอน เครื่องวัดแสงที่ใช้เซลล์ซิลิคอนนี้ต้องใช้กับแบตเตอรี่ เช่นเดียวกับแบบแคดเมียมซัลไฟด์ มีคุณสมบัติไวต่อแสงแม้ในสภาพแสงที่น้อย กระแสไฟที่ใช้มากกว่าแบบอื่น ๆ ภายในมีตัวขยาย (amplifier) เพื่อให้กระแสไฟฟ้า ซึ่งไหลผ่านเซลล์มีระดับใช้งานได้ทั้งนี้เพราะเมื่อกระแสไหลผ่านเซลล์ซิลิคอนนี้แล้ว จะเกิดกระแสไฟฟ้าจำนวนเล็กน้อยเกินกว่าจะวัดได้โดยตรง ตัวขยายดังกล่าวจึงมีความจำเป็นและทำให้วัดแสงได้ทันทีไม่ต้องเสียเวลาเหมือนเซลล์แคดเมียมซัลไฟด์

.....1.4 เซลล์แกเลียมอาร์เซนิก ฟอสโฟเนต เป็นเซลล์รับแสงที่มีความไวในการวัดแสงได้ดีมาก ควบคุมระดับแสงได้เร็ว เมื่อเปลี่ยนแปลงสภาพการทำงานคล้ายเซลล์ซิลิคอนอาจใช้แทนกันได้ ราคาถูกกว่าแต่คุณภาพยังดียกว่าเซลล์ซิลิคอน

2.13 เครื่องวัดกระแสกัลป์วาโนมิเตอร์ (Galvanometer)

เป็นชิ้นส่วนเล็ก ๆ ประกอบด้วยขดลวด ซึ่งแขวนไว้ระหว่างขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว เมื่อกระแสไฟจากเซลล์รับแสงผ่านขดลวดจะเคลื่อนที่ระหว่างแม่เหล็กทั้งสอง เข็มจะชี้จำนวนตัวเลขบนสเกลบอกค่าของแสงดังภาพที่ 2.5 เครื่องวัดกระแสกัลป์วาโนมิเตอร์ (Galvanometer)



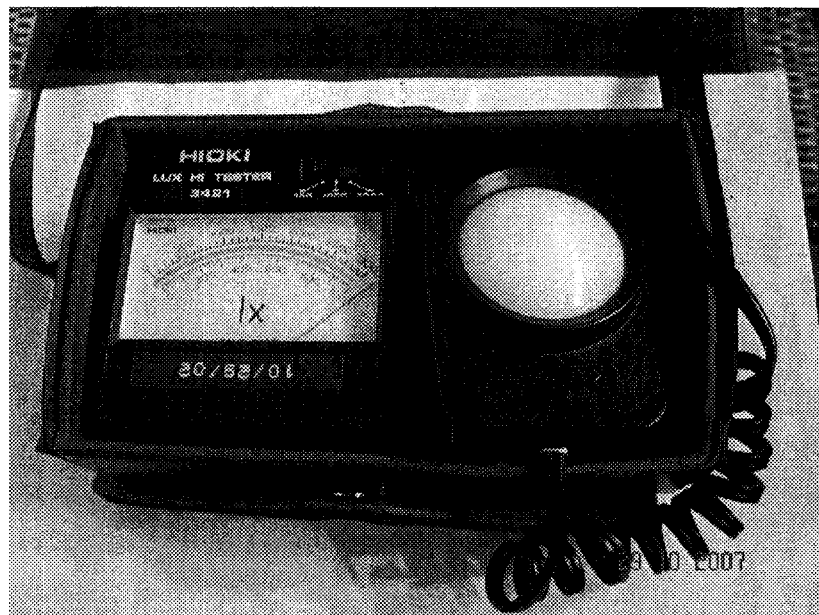
ภาพที่ 2.5 เครื่องวัดกระแสกัลป์วาโนมิเตอร์ (Galvanometer)

2. แนวคิดหรือหลักการในการพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน

แนวคิดในการออกแบบได้ศึกษาจากเครื่องต้นแบบที่นิยมใช้งานกันอย่างแพร่หลาย จากเครื่อง HIOKI Model 3421 ซึ่งเครื่องมือชิ้นนี้ได้ผ่านการปรับเทียบเรียบร้อยแล้ว

2.1 แนวคิดการพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน

ผู้ศึกษาได้ทำการศึกษาโครงสร้างของต้นแบบชิ้นงานมาจากเครื่องที่นำเข้ามาจากต่างประเทศ ยี่ห้อ HIOKI LUX Hi TESTER MODEL 3421 ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 เครื่องวัดแสงสว่าง

คุณสมบัติของเครื่องที่นำมาศึกษา

1. แสดงผล อ่านค่าตามสเกล
2. ช่วงวัด 300/1000/3000 LX
3. ความละเอียด ต่ำสุด 5 LX

ส่วนประกอบของต้นแบบชิ้นงานเครื่องวัดแสงสว่าง ประกอบด้วย ส่วนที่สำคัญหลักๆ คือ

1. ส่วนแสดงผลเพื่ออ่านค่าแสงสว่าง
2. ตัวรับแสงสว่าง

แนวคิดในการสร้างต้นแบบนี้คือ ต้องการให้เครื่องวัดแสงสว่างสามารถวัดแสงได้อย่างน้อย 3000LX

3. ขั้นตอนการดำเนินการสร้างและพัฒนาต้นแบบชิ้นงาน

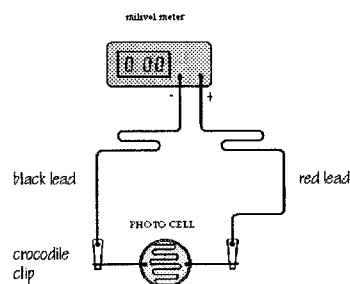
ภายหลังจากที่ได้ศึกษาถึงเกณฑ์ออกแบบและทฤษฎี ที่รองรับการออกแบบแล้ว ผู้ค้นคว้าอิสระจะทำการจัดทำต้นแบบของเครื่องมือ ดังนี้

1. ถอดแบบจากเครื่องต้นแบบ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. สืบค้นวัสดุที่จะมาทำต้นแบบเครื่องมือ และประเมินราคา
3. ทำการผลิตเครื่องมือ
4. ทำการทดสอบเครื่องมือในสถานที่ทำงาน โดยใช้เครื่องมือที่ผลิตขึ้นทดสอบกับเครื่องต้นแบบ
5. นำเครื่องมือไปทำการเปรียบเทียบ

3.1 ขั้นตอนการออกแบบ

การออกแบบเครื่องจะใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ในประเทศและจำกัดราคาไม่เกิน 1,000 บาท

3.1.1 ออกแบบวงจรตรวจวัดแสง เซลล์รับแสง (Photo-cell) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานไฟฟ้าชนิดเซลล์เซเลเนียม (Selenium) ดังภาพที่ 2.7

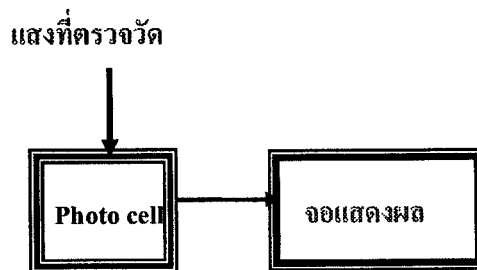


ภาพที่ 2.7 วงจรการตรวจวัดแสง

4. การตรวจสอบชิ้นงานโดยผู้ทรงคุณวุฒิ

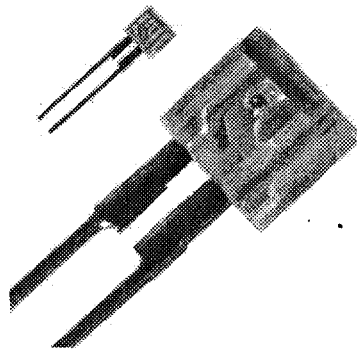
เนื่องจากการค้นคว้าอิสระในครั้งนี้จะเป็นการจัดทำต้นแบบเครื่องมือ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่จัดทำขึ้นสามารถนำไปใช้ได้ในงานปฏิบัติ และเป็นที่ยอมรับของหน่วยงานที่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือนี้ ผู้ค้นคว้าอิสระได้ให้ผู้ใช้เครื่องมือนี้เป็นจำนวนมากทำทดสอบและเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่มีใช้อยู่ เป็นผู้ร่วมให้ความคิดเห็น เครื่องมือที่ผลิตขึ้น เป็นต้นแบบในครั้งนี้

5. การออกแบบของชิ้นงาน



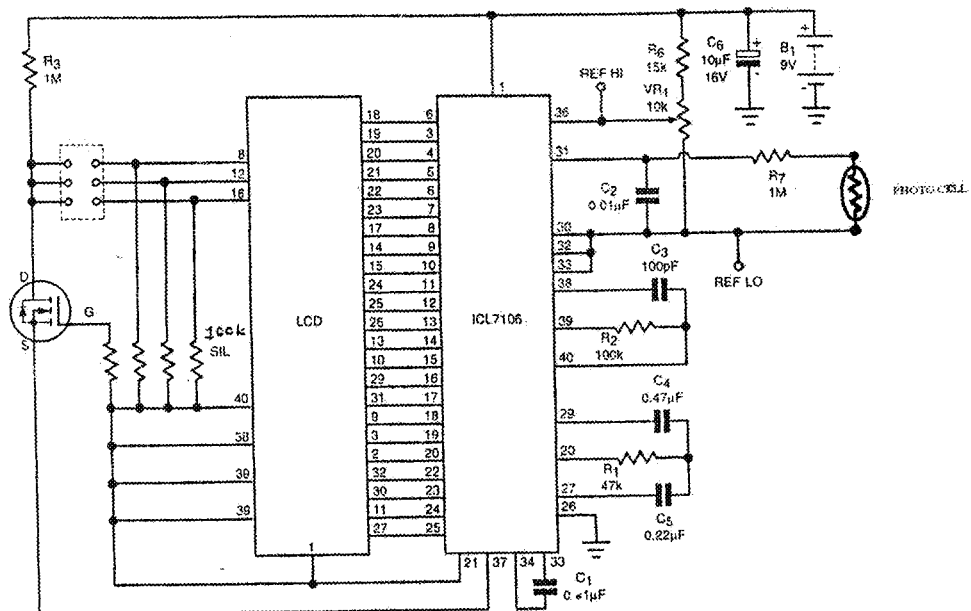
ภาพที่ 2.8 ฟังก์การทำงานของเครื่องวัดแสง

การออกแบบเครื่องวัดแสง ใช้ PHOTO CELL เป็นตัวรับแสงสว่างเมื่อ มีแสงสว่างเข้ามาที่ Photo cell จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นจำนวนหนึ่ง จากนั้นจะนำแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนำมาแปลงเป็นค่าความสว่าง แสงมากจะทำให้มีแรงดันไฟฟ้ามากถ้าแสงสว่างน้อยจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเกิดขึ้นน้อยตามกัน ดังภาพที่ 2.9

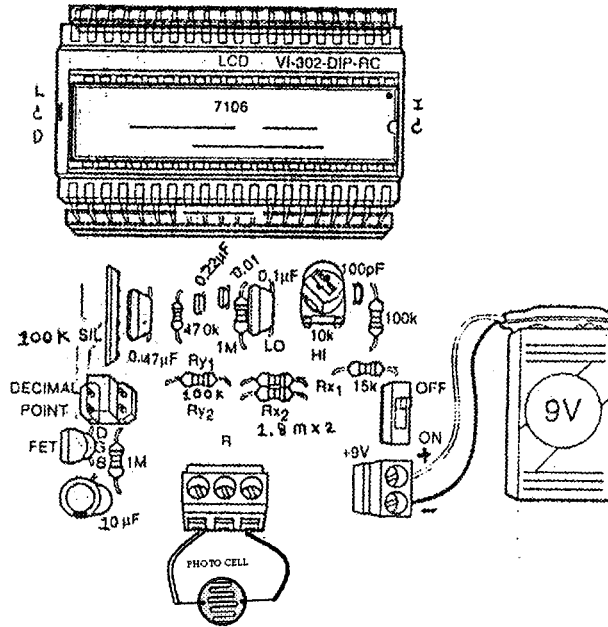


ภาพที่ 2.9 อุปกรณ์รับแสงสว่าง

เมื่อแสงตกกระทบที่ Photo cell จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นถ้ามีแสงน้อยแรงดันที่ตกคร่อม Photo cell จะเกิดขึ้นน้อย เมื่อมีแสงมากแรงดันจะมีมากขึ้นตามลำดับ จากนั้นจะนำเอาแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากแสงสว่างนำไปแปลงเป็นค่าความสว่างเพื่อนำไปสร้างเครื่องวัดแสงสว่างในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นค่าความสว่างดังภาพที่ 2.10

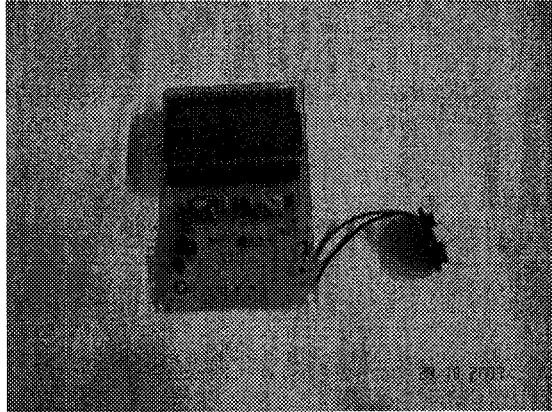


ภาพที่ 2.10 วงจรแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นค่าความสว่าง

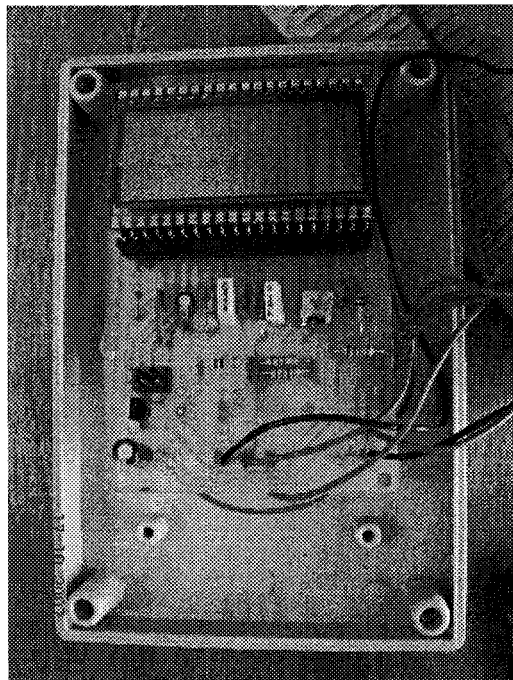


ภาพที่ 2.11 ภาพแสดงอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น

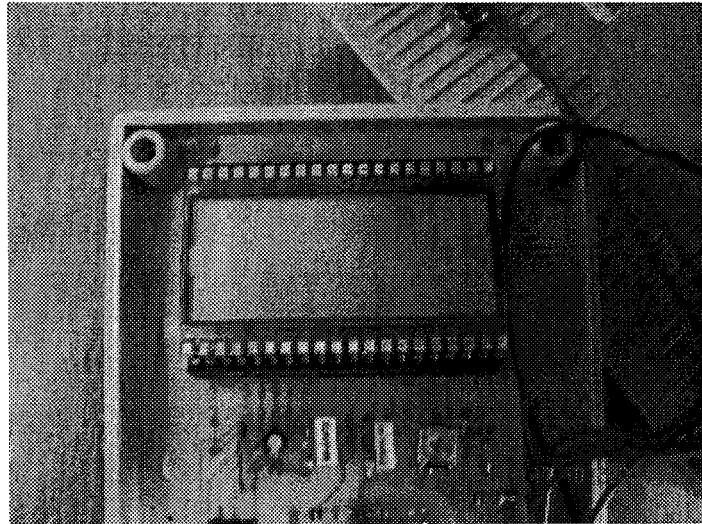
การทำงานของเครื่อง ส่วนที่สำคัญทั้งหมดอยู่ที่ตัว IC เป็นที่เรียบร้อยตามรูปที่ 2.11 IC 7106 สามารถขับจอ LCD ได้โดยตรง โดยจะมีขาที่ 21 คอยป้อนสัญญาณพัลส์ออกมาให้กับขา COM ของจอ LCD ที่ใช้เพื่อแสดงค่าความสว่าง การทำงานของเครื่องจะใช้ความถี่ในการสุ่มเท่ากับ 48 กิโลเฮิร์ตซ์ ส่วน R_1 และ C_4 นั้นจะต้องเปลี่ยนตามค่าความสว่างของแสง คือย่านการวัดแสงที่ 0-2000 Lux จะใช้ R_1 เท่ากับ 47 กิโลโอห์ม C_4 เท่ากับ 0.47 ไมโครฟารัด ส่วนย่านการวัดแสงที่ 2000 - 3000 Lux จะใช้ R_1 เท่ากับ 470 กิโลโอห์ม C_4 เท่ากับ 0.047 ไมโครฟารัด การวัดแสงสว่างจะต้องกำหนดค่าของแรงดันอ้างอิง โดยปรับ VR_1 โดยปรับแรงดันอ้างอิง 100 มิลลิโวลต์ ย่านการวัดแสงที่ 0-2000 Lux และแรงดันอ้างอิง 1 โวลต์ สำหรับย่านการวัดแสงที่ 2000-3000 Lux ส่วนการรับค่าแสงสว่างจะมี R_2 คอยป้องกันไม่ให้กระแสไหลเข้าไปในตัว IC มากเกินไปจนทำให้เกิดความเสียหายได้ ส่วนการปรับแต่งค่าความสว่าง ใช้ VR_1 ในการปรับเทียบความถูกต้องของเครื่องมือ



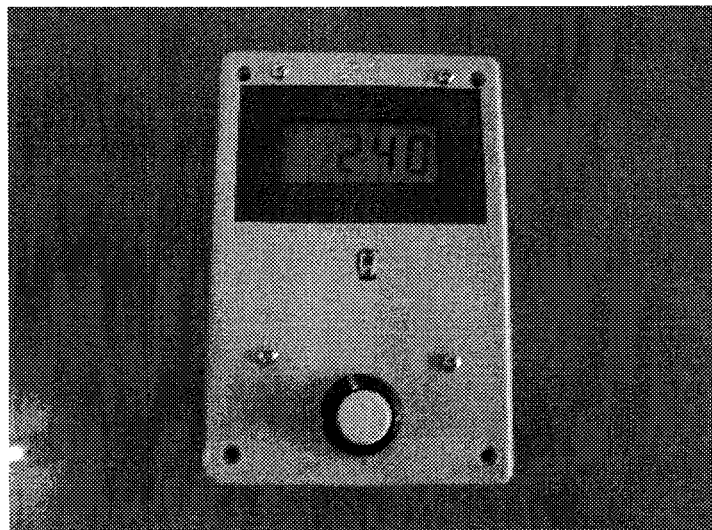
ภาพที่ 2.12 ภาพแสดงภายในของเครื่องที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 2.13 ภาพแสดงภายในของเครื่องที่สร้างขึ้น



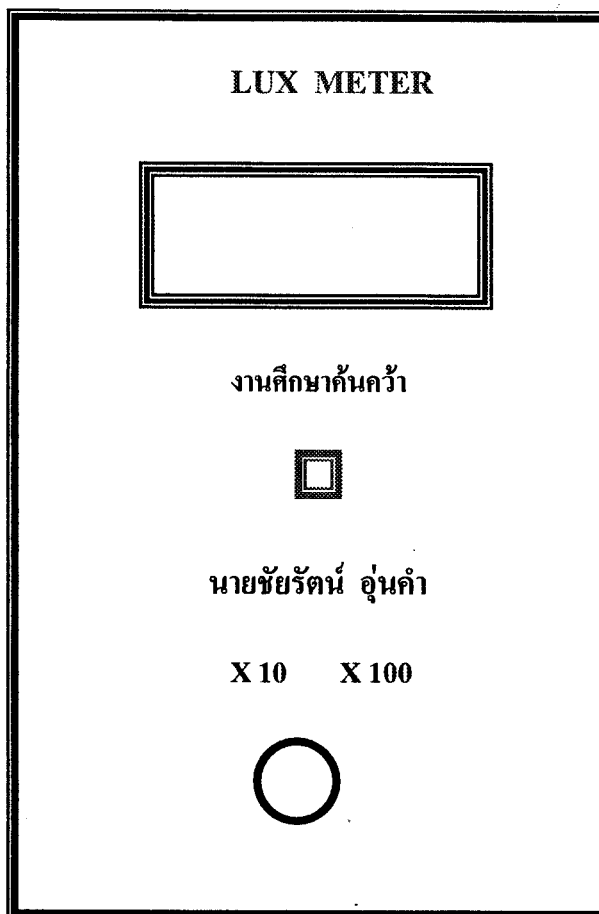
ภาพที่ 2.14 ภาพแสดงภายในของจอแสดงผล



ภาพที่ 2.15 ภาพแสดงภายนอกของเครื่องที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 2.16 ภาพแสดงภายนอกของเครื่องที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 2.17 ภาพแสดงภายนอกของเครื่องที่สร้างขึ้น

ตารางรายการค่าใช้จ่ายในการจัดทำเครื่องวัดแสง

รายการ	ราคา
1. กล่องเครื่องมือ	100 บาท
2. วงจรตรวจวัดแสง	800 บาท
3. SENSOR แสง	200 บาท
4.จอแสดงผล	300 บาท
5.สายไฟ,ลูกบิด,สวิทช์,	200 บาท

บทที่ 3

การทดสอบต้นแบบชิ้นงาน

การทดสอบต้นแบบชิ้นงานในครั้งนี้ ผู้ทำการศึกษาได้ทำการผลิตต้นแบบเครื่องมือตรวจวัดแสง เพื่อจัดเตรียมทำการทดสอบดังกล่าว ว่าสามารถใช้งานได้จริง โดยในการทดสอบครั้งนี้ได้รับความอนุเคราะห์จาก บริษัทอิมเมอร์สัน อิเล็กทริก (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดระยอง เพื่อใช้อุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในการทดสอบโดยทำการทดสอบในวันที่ 24 กันยายน 2550 ซึ่งมีรายละเอียดในการดำเนินงาน ดังนี้

การทดสอบเครื่องต้นแบบชิ้นงานทางผู้ศึกษาได้เชิญ เจ้าหน้าที่จากกองอาชีวอนามัย กลุ่มงานอาชีวสุขศาสตร์และนิรภัย สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 3 ชลบุรี มาช่วยทำการทดสอบเครื่องมือและให้คำปรึกษาในเรื่องการตรวจวัดด้วย การทดสอบเครื่องมือจะแบ่งเป็นสองส่วนดังนี้คือ

3.1 การทดสอบเครื่องวัดแสงสว่างในห้องปฏิบัติการ

การจัดเตรียมส่วนประกอบการวัดในห้องปฏิบัติการ ขั้นตอนแรกคือการจัดเตรียมส่วนประกอบการวัดในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการปรับเทียบเครื่องมือโดยการนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาทำการปรับเทียบกับเครื่องมาตรฐานที่ผ่านการปรับเทียบมาก่อนแล้ว

เครื่องมืออุปกรณ์

1. Lux meter ที่ผ่านการสอบเทียบมาแล้ว
2. Lux meter ที่สร้างขึ้นมา
3. ห้องควบคุมแสงสว่าง
4. ไขควงปรับแต่ง
5. แบบฟอร์มการตรวจวัด

วิธีการทดสอบในห้องปฏิบัติการ

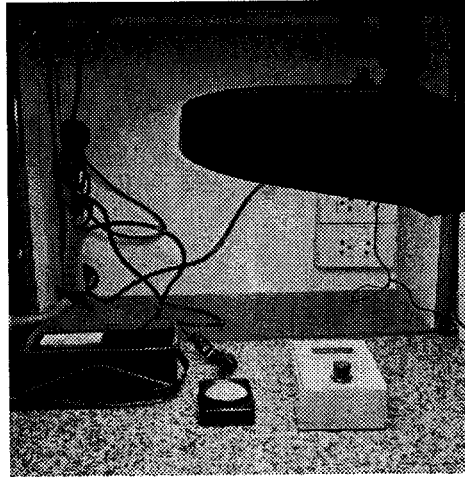
การทดสอบต้นแบบชิ้นงานจะนำเครื่องที่ผ่านการสอบเทียบมาแล้ว มาทำการเปรียบเทียบกับเครื่องที่สร้างขึ้นก่อน โดยการ จะทำการเปิดเครื่อง ทั้ง สองเครื่อง สังเกตการเปลี่ยนแปลงของตัวเลขที่วัดได้ ว่าอยู่ในสภาพที่พร้อมใช้งานแล้วหรือยัง นำเครื่องทั้งสองมาวางคู่กันเพื่อเปรียบเทียบค่าจะทำการปรับเทียบทั้งหมด 10 ระดับความสว่างที่แตกต่างกันและนำค่าที่ได้บันทึกผลลงตาราง

ขั้นตอนการทดสอบในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1. ตรวจสอบ Lux meter ให้นำปัทม์แสดงศูนย์ทุกครั้ง
2. ในกรณีที่ไม่ทราบค่าประมาณของระดับการส่องสว่าง ให้ปรับปุ่มวัดไปที่ค่า ตำแหน่ง x 100 หรือตำแหน่งสูงสุด โดยคาดว่า การส่องสว่างจะไม่เกินค่าที่ตั้งไว้
3. ดำเนินการวัดแสงสว่าง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ โดยอ่านค่าที่คงที่ที่สุด
4. ในขณะที่ทำ การวัดต้องระมัดระวังการเคลื่อนไหวของสิ่งรอบ ๆ เครื่องตรวจวัด เพราะจะมีผลต่อการสะท้อนแสงเข้าเครื่องมือได้

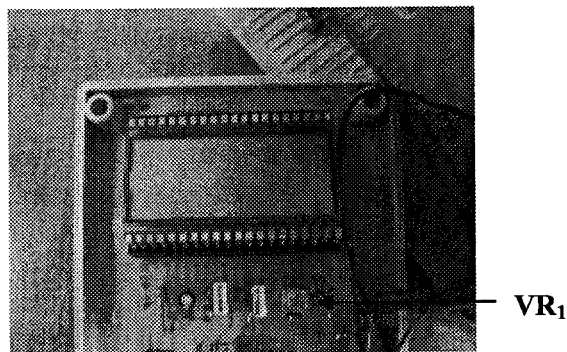
วิธีการปรับแต่งความเที่ยงตรงของเครื่องมือในห้องปฏิบัติการมีดังนี้

1. นำเครื่องวัดความสว่างของแสงที่สร้างขึ้นและเครื่องลักซ์มิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องวัดมาตรฐาน ไปวัดความสว่างของแสง ณ ห้องปฏิบัติการ
2. หาผลต่างของค่าความสว่างของแสง ณ จุดต่างๆ ที่อ่านได้จากเครื่องวัดทั้งสองแล้วนำผลของความแตกต่างที่ได้โดยเทียบกับความสว่างที่ได้จากเครื่องมือมาตรฐาน
3. ปรับแต่งเครื่องมือวัดความสว่างของแสงที่สร้างขึ้นมาใหม่ ให้ได้ค่าใกล้เคียงกับเครื่องมาตรฐาน ดังภาพที่ 3.1



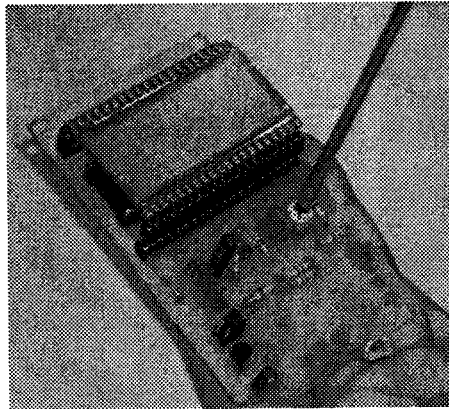
ภาพที่ 3.1 การทดสอบเครื่องมือวัดแสงระหว่างเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องที่ผ่านการสอบเทียบแล้ว

การปรับแต่งเครื่องมือ เมื่อเครื่องมือที่ตรวจวัดแสงต่ำหรือสูงกว่าค่ามาตรฐานที่นำมาเปรียบเทียบ จะต้องทำการปรับค่าความสว่างให้มากหรือน้อย โดยปรับที่ VR_1 ดังแสดงที่รูป 3.2



ภาพที่ 3.2 ตำแหน่ง VR_1 ที่ใช้สำหรับปรับค่าเครื่องมือวัดแสงให้ได้ตามมาตรฐาน

วิธีการปรับแต่งเครื่องมือ เมื่อเครื่องมือที่ตรวจวัดแสงต่ำหรือสูงกว่าค่ามาตรฐานที่นำมาเปรียบเทียบจะต้องทำการปรับค่าความสว่างให้มากหรือน้อย โดยปรับที่ VR1 ดังแสดงที่รูป 3.3

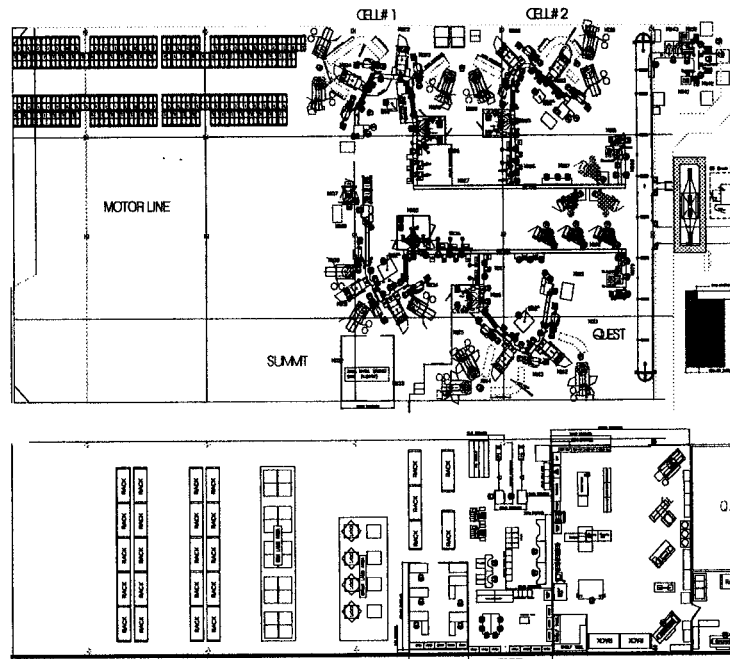


ภาพที่ 3.3 การปรับเครื่องให้ได้ตามมาตรฐาน

การทดสอบเครื่องวัดแสงสว่างในบริเวณโรงงาน

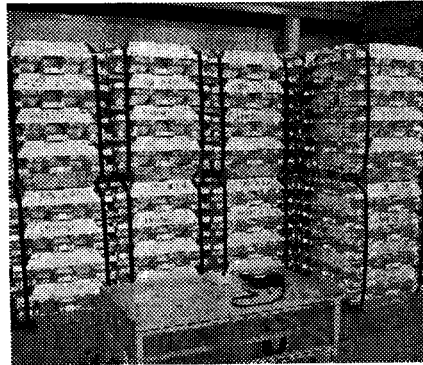
การทดสอบเครื่องวัดแสงสว่างในบริเวณ โรงงานนี้ ได้ทำการทดสอบตรวจวัดจริงตาม กฎหมาย กระทรวงแรงงาน พ.ศ. 2549 โดยกำหนดจุดวัดตามคำแนะนำของเจ้าหน้าที่ที่มีความชำนาญใน การตรวจวัด การตรวจวัดครั้งนี้ได้กำหนดจุดทั้งหมด 15 จุด ตามกฎกระทรวงแรงงานและ ตามที่โรงงานจะทำการตรวจวัดได้ โดยดูจากแผนผังโรงงาน ดังภาพที่ 3.4

STATOR WINDING LINE

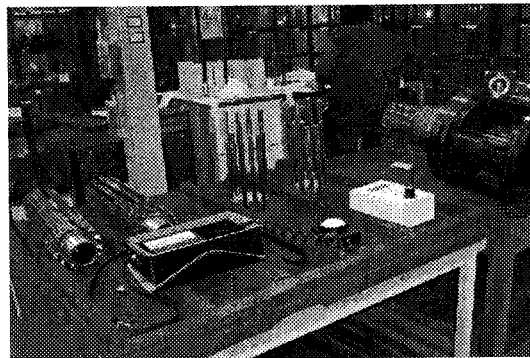


ภาพที่ 3.4 แผนผังโรงงาน

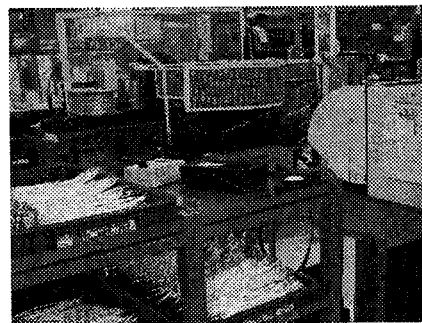
คดี	ลักษณะงาน	ระดับแสงสว่างมาตรฐาน(LUX)
1.	ห้องเก็บรวบรวมวัตถุขนาดใหญ่หรือการเคลื่อนย้าย	100
2.	บริเวณกระบวนการซ่อมและบำรุงรักษา	400
3.	บริเวณกระบวนการผลิตทั่วไป	600
4.	บริเวณกระบวนการผลิตทั่วไป	600
5.	บริเวณกระบวนการผลิตทั่วไปในแผนกหลอม	100
6.	บริเวณการบรรจุหีบห่อ ทำเครื่องหมาย และการจัดส่ง	200
7.	บริเวณการบรรจุหีบห่อ ทำเครื่องหมาย และการจัดส่ง	200
8.	งานทาสี ฟันสีการฟันสีรองพื้น	200
9.	งานที่ใช้โต๊ะทำงานและเครื่องจักรแบบหยาบ	200
10.	งานที่ใช้โต๊ะทำงานและเครื่องจักรแบบหยาบ	200
11.	งานพิมพ์ เขียน อ่าน และการจัดเก็บเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	400
12.	บริเวณที่แสดงข้อมูล(จอภาพและเครื่องพิมพ์)	600
13.	บริเวณที่แสดงข้อมูล(จอภาพและเครื่องพิมพ์)	600
14.	การปรับเทียบเครื่องทดสอบ เครื่องมือวัด	800
15.	การปรับเทียบเครื่องทดสอบ เครื่องมือวัด	800



ภาพที่ 3.5 จุดตรวจวัดที่ 1 ห้องเก็บของ



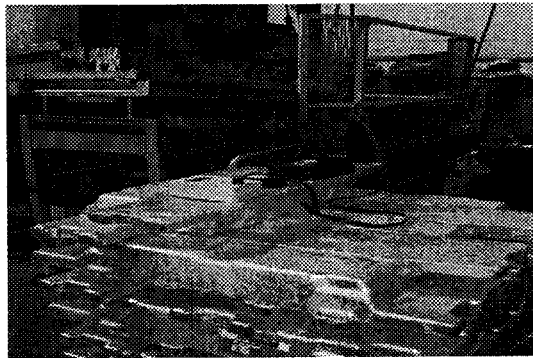
ภาพที่ 3.6 จุดตรวจวัดที่ 2 บริเวณกระบวนการซ่อมและบำรุงรักษา



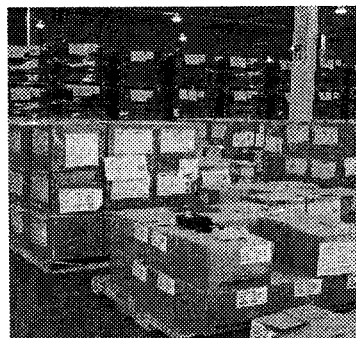
ภาพที่ 3.7 จุดตรวจวัดที่ 3 บริเวณกระบวนการผลิตทั่วไป



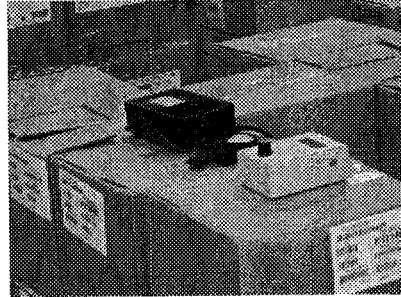
ภาพที่ 3.8 จุดตรวจวัดที่ 4 บริเวณกระบวนการผลิตทั่วไป



ภาพที่ 3.9 จุดตรวจวัดที่ 5 บริเวณกระบวนการผลิตทั่วไปในแผนกหลอม



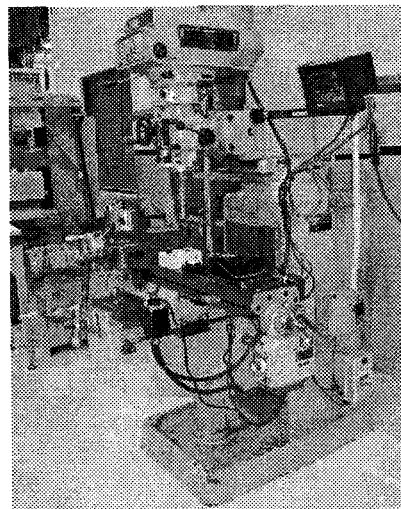
ภาพที่ 3.10 จุดตรวจวัดที่ 6 บริเวณการบรรจุหีบห่อ ทำเครื่องหมาย และการจัดส่ง



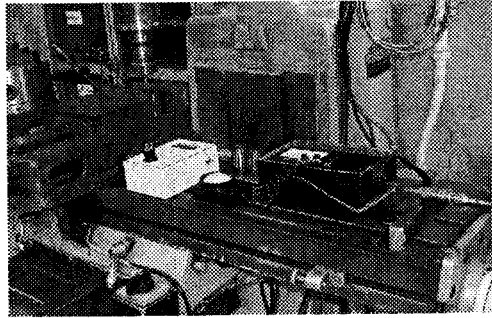
ภาพที่ 3.11 จุดตรวจวัดที่ 7 บริเวณการบรรจุหีบห่อ ทำเครื่องหมาย และการจัดส่ง



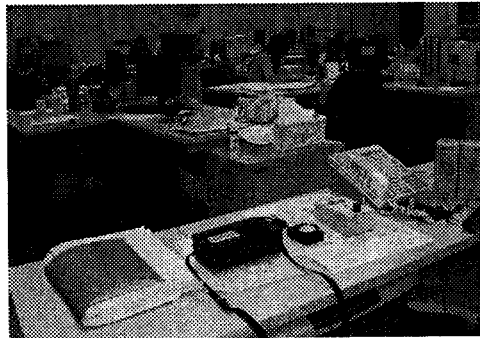
ภาพที่ 3.12 จุดตรวจวัดที่ 8 งานทาสี ฟันสีการฟันสีรองพื้น



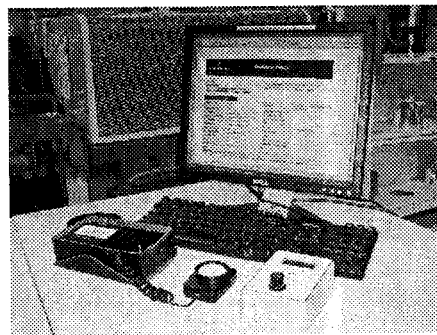
ภาพที่ 3.13 จุดตรวจวัดที่ 9 งานที่ใช้โต๊ะทำงานและเครื่องจักรแบบหยาบ



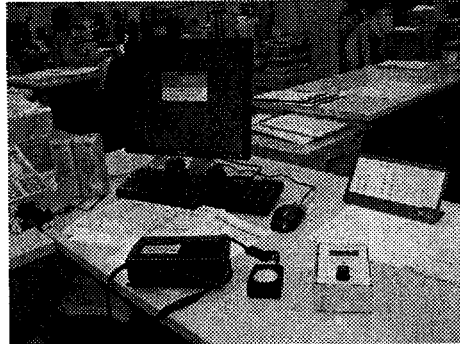
ภาพที่ 3.14 จุดตรวจวัดที่ 10 งานที่ใช้โต๊ะทำงานและเครื่องจักรแบบหยาบ



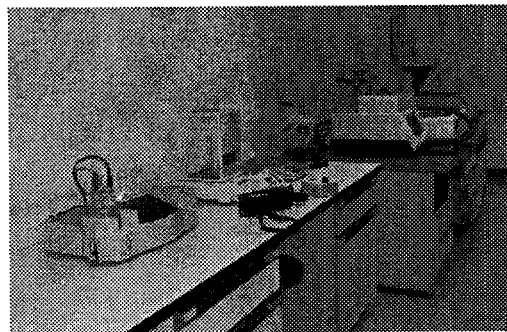
ภาพที่ 3.15 จุดตรวจวัดที่ 11 งานพิมพ์ เขียน อ่าน และการจัดเก็บเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง



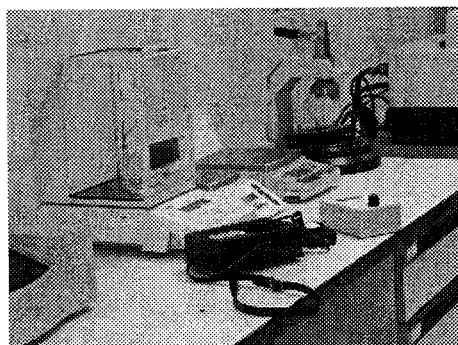
ภาพที่ 3.16 จุดตรวจวัดที่ 12 บริเวณที่แสดงข้อมูล(จอภาพและเครื่องพิมพ์)



ภาพที่ 3.17 จุดตรวจวัดที่ 13 บริเวณที่แสดงข้อมูล(จอภาพและเครื่องพิมพ์)



ภาพที่ 3.18 จุดตรวจวัดที่ 14 การปรับเทียบเครื่องทดสอบ เครื่องมือวัด



ภาพที่ 3.19 จุดตรวจวัดที่ 15 การปรับเทียบเครื่องทดสอบ เครื่องมือวัด

วิธีการทดสอบเครื่องวัดแสงสว่างในโรงงาน

1. ตรวจสอบ Lux meter ให้นำปัดฝุ่นแสดงศูนย์ทุกครั้ง
2. ในกรณีที่ไม้ทราบค่าประมาณของระดับการส่องสว่าง ให้ปรับปุ่มวัดไปที่ตำแหน่ง x 100 หรือตำแหน่งสูงสุด โดยคาดว่าค่าการส่องสว่างจะไม่เกินค่าที่ตั้งไว้
3. ดำเนินการวัดแสงสว่าง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ โดยอ่านค่าที่คงที่ที่สุด
4. ในขณะที่ทำการวัดต้องระมัดระวังการเคลื่อนไหวของสิ่งรอบ ๆ เครื่องตรวจวัด (Lux meter) เพราะจะมีผลต่อการสะท้อนแสงเข้าเครื่องมือได้
5. บันทึกผลที่ได้ทั้งหมด 15 จุด ลงในตารางการตรวจวัดแสง

การจัดเก็บและการบำรุงรักษาเครื่องมือเครื่องมือ

1. เก็บไว้ในที่ไม่มีแสงแดดที่ร้อน
2. เมื่อไม่ได้ใช้เครื่องมือเป็นเวลานานๆ ควรถอด Battery ออกจากเครื่อง
3. ปิดสวิตช์ เมื่อไม่ได้ใช้งาน
4. ทำความสะอาดตัวรับแสงก่อนที่จะเก็บหรือก่อนนำไปใช้งานทุกครั้ง
5. นำเครื่องมือไปปรับเทียบอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง
6. เมื่อเครื่องตกหรือได้รับแรงกระแทกคววนำกลับมาปรับเทียบใหม่อีกครั้ง

บทที่ 4

ผลการทดสอบต้นแบบชิ้นงาน

จากการทดสอบต้นแบบชิ้นงานในครั้งนี้จาก บริษัทอิมเมอร์สัน อิเล็กทริก (ประเทศไทย) จำกัด จังหวัดระยอง โดยทำการทดสอบในวันที่ 24 กันยายน 2550 ปรากฏผลการทดสอบในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

4.1 ผลการทดสอบการวัดค่าความสว่างของแสงในห้องปฏิบัติการ

ในการทดสอบวัดค่าความสว่างของแสงจำนวน 10 จุด ปรากฏผล ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ตารางผลการทดสอบวัดค่าความสว่างของแสงก่อนการปรับแต่งในห้องปฏิบัติการ

ระดับความสว่าง	ความสว่างของแสงในห้องปฏิบัติการที่วัดได้		
	เครื่อง HIOKI 3421	เครื่องที่สร้างขึ้น (ก่อนปรับแต่ง)	เครื่องที่สร้างขึ้น (หลังปรับแต่ง)
1	0	5	0
2	200	205	202
3	300	290	305
4	500	520	510
5	600	620	610
6	1000	920	1020
7	1500	1550	1520
8	2000	1970	2020
9	2500	2255	2510
10	3000	2600	3020

4.2 ผลการทดสอบการวัดค่าความสว่างในโรงงาน

ในการทดสอบวัดค่าความสว่างของแสงจำนวน 15 จุด ปรากฏผล ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ตารางผลการทดสอบวัดค่าความสว่างในโรงงาน

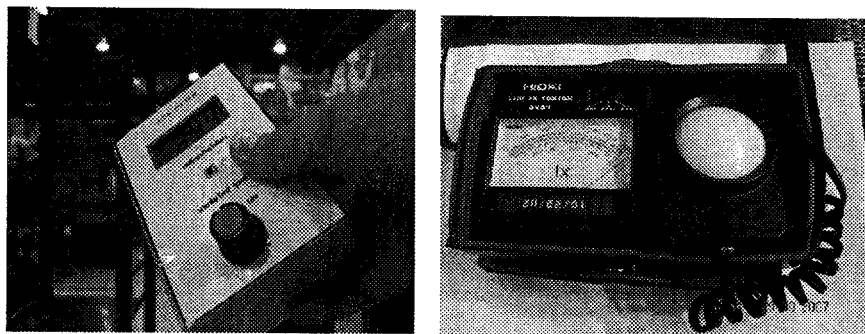
จุดที่วัด	ความสว่างของแสงในโรงงานที่วัดได้		
	ค่ามาตรฐาน	HIOKI 3421	เครื่องที่สร้างขึ้น
1	100	90	95
2	400	395	390
3	600	595	610
4	600	595	610
5	100	92	97
6	200	195	205
7	200	195	205
8	200	205	210
9	200	205	210
10	200	205	205
11	400	395	400
12	600	595	610
13	600	595	610
14	800	795	810
15	800	795	810

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1. สรุปผลการทดสอบ

ผลที่ได้จากการนำอุปกรณ์ไปทดลองการตรวจวัดในสถานที่ทำงานจริง พบว่า อุปกรณ์เครื่องวัดแสงที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้กับการตรวจวัดแสงสว่างได้ รูปแบบของเครื่องค้นแบบที่สร้างขึ้นนี้ ขนาดและน้ำหนักเบา ใช้งานได้สะดวก สามารถนำไปใช้งานได้จริงดังรูปที่ 5.1



ภาพที่ 5.1 ภาพเปรียบเทียบเครื่องที่สร้างขึ้นกับเครื่องต่างประเทศ

ตารางเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องวัดแสงที่สร้างขึ้นกับเครื่องจากต่างประเทศ

คุณสมบัติเครื่อง	เครื่องที่สร้างขึ้น	เครื่องนำเข้า
ย่านการตรวจวัด	0-3000	3-3000
การแสดงผลการตรวจวัด	ตัวเลข	เข็ม
ขนาด	85x130x50	110x170x60
น้ำหนัก	300 กรัม	520 กรัม
ราคา	1,500 บาท	12,000 บาท

ตารางราคาอุปกรณ์ของเครื่องที่สร้างขึ้น

รายการ	ราคา
1. กล่องเครื่องมือ	100 บาท
2. วงจรตรวจวัดแสง	800 บาท
3. SENSOR แสง	200 บาท
4.จอแสดงผล	300 บาท
5.สายไฟ, ลูกบิด, สวิตช์,	200 บาท

2. ข้อเสนอแนะ

จากการทดลองและทดสอบเครื่องวัดแสงนี้ มีข้อเสนอแนะเพื่อที่ให้การสร้างเครื่องวัดแสงให้สมบูรณ์มีประสิทธิภาพสูง ดังนี้คือ

1. เครื่องวัดแสงควรมีการออกแบบให้ตัวรับแสงมีขนาดใหญ่กว่านี้เพื่อจะรับแสงได้ทุกด้านทุกมุม
2. ควรออกแบบให้ตรวจวัดแสงสว่างให้ได้มากกว่า 3,000 Lux เพราะบางครั้งในที่ทำงานมีค่าความสว่างของแสงมากกว่า 3,000 ทำให้เครื่องที่สร้างขึ้นไม่สามารถอ่านค่าได้
3. ควรออกแบบอุปกรณ์ SENSOR ให้มีสายออกมาเหมือนเครื่อง HIOKI เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้คนที่ทำการตรวจวัดบังแสงสว่าง
4. ควรปรับปรุงตัวที่ใช้ในการปรับแต่งให้มาไว้ด้านนอกเพื่อความสะดวกในการปรับแต่งเครื่องมือ

ในการพัฒนาอุปกรณ์ต้นแบบเครื่องวัดแสงในระยะต่อไปหากมีผู้สนใจอาจนำชิ้นงานนี้ส่งให้ห้องปฏิบัติการที่ให้บริการตรวจวัดสุขศาสตร์โรงงานได้นำไปทดสอบใช้งานจริง ในพื้นที่ทำงานของโรงงานต่างๆ เพื่อนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการทำงานจริงมาปรับปรุงอุปกรณ์ต้นแบบและสามารถผลิตเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ ต่อไป

บรรณานุกรม

- กิตติพงษ์ ตันมิตร วิศวกรรมแสงสว่าง ขอนแก่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
2530
- โครงการพัฒนาบริการอนามัยอุตสาหกรรม กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับงานอาชีวอนามัยและความ
ปลอดภัย กรุงเทพมหานคร ไม่ระบุปี
- ชมภูศักดิ์ พูลเกษ โครงการสุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย กฎหมายความปลอดภัยและ
สุขภาพอนามัยของผู้ประกอบอาชีพ ภาคอาชีวอนามัย มหาวิทยาลัยมหิดล ไม่ระบุปี
- ไบรอัน อาร์ วาร์ค นัยยะและการมองเห็น กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์อักษรเจริญทัศน์ 2531
- วิทยา อยู่สุข สุขศาสตร์อุตสาหกรรมและความปลอดภัย กรุงเทพมหานคร อักษรการพิมพ์
2527
- สุทิน อยู่สุข “ความร้อนแสงสว่าง เสียง ความสั่นสะเทือน และกัมมันตภาพรังสี” ใน เอกสารการ
สอนชุดวิชาอนามัยสิ่งแวดล้อม เล่มที่ 2 หน่วยที่ 11 นนทบุรี สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 2527
- อนันต์ อัดชู กายวิภาคและสรีรวิทยา กรุงเทพมหานคร ไทยวัฒนาพานิช 2526
- อุทัย สีนุสาร สารานุกรมไทย กรุงเทพมหานคร บำรุงนุกุลกิจ 2522
- อนเนก เพทวนิช จักรวิทยาในเวชปฏิบัติทั่วไป กรุงเทพมหานคร สำนักพิมพ์กรุงเทพเวชสาร 2528

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

HIOKI LUX Hi TESTER 3421

ILLUMINATION METER

HIOKI

LUX HI TESTER

3 4 2 1

DIGITAL LUX HI TESTER

3 4 2 2

For a Wide Range of Illumination Measuring Applications



3421 LUX HI TESTER

The 3421 LUX HI TESTER is a photocell lux meter with a selenium cell in the light sensor and a high sensitivity meter.

By having the light sensor linked to the main body of the instrument only by a cord, it is possible to move the sensor to detect light in any given location and at the same time the meter is able to be placed where it can be read easily.

Visual Sensitivity Correction

Because visual sensitivity correction is provided, there is no need to carry out any special correction according to the type of light source involved.

Angle Correction

Angle correction makes possible measurement of light from an oblique angle and of illumination from a number of sources at once.

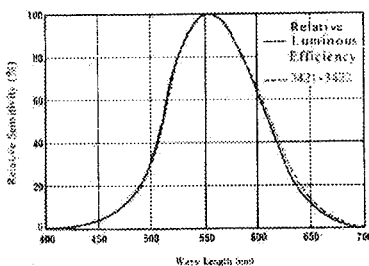
Two Distinct Units

The light sensor and meter are two distinct units connected only by a wire lead so that it is possible to move the sensor to the spot where readings are to be taken.

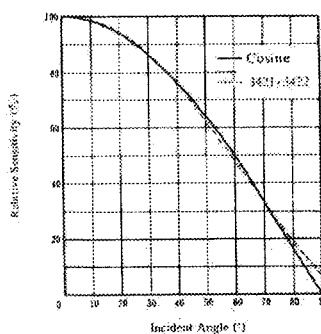
Compact Construction

The tester is compact and provided with a handy carrying case.

Spectral Sensitivity Characteristic



Oblique Incident Light Characteristic



3422 DIGITAL LUX HI TESTER

The 3422 DIGITAL LUX HI TESTER is capable of measuring from low level illuminance up to 2000 lx. A selenium photo cell is used as the light detector, amplified in a high sensitivity amplifier that is stable enough to handle even small amount of current and the reading is shown on an LED display which can be read easily even in a dark place.

LED Digital Display

The 3422 makes easy work of measuring the low level illuminance provided by guide lamps and arena illumination, etc., and the LED digital display is easily read off by anybody.

Visual Sensitivity and Angle Correction

*Because visual sensitivity correction is provided by means of a filter, incandescent and fluorescent lamp brightness as well as natural light under various conditions can be measured.

*Angle correction means that light from an oblique angle or light from a number of sources can be measured without fear of error.

Recorder Terminal

The output terminal for connection to a recorder is very handy when making a continuous record of readings and to save power it is possible to switch off the digital display.

Lightweight and Easy to Carry

Because of the compactness and lightweight, it can be used slung around the neck.

Specifications

	3421	3422																
Display	Analog (Core magnet watt band meter)	Digital 3 1/2 digits LED 000...999...1 count step 1000...1990...10 count step																
Measuring Range	200/1000/3000 lx	20/200/2000 lx																
Resolution in Minimum Range	5 lx	0.01 lx																
Accuracy	± 7% of f.s.	± 3% rdg. ± 0.5% f.s.																
	Calibrated to standard incandescent lamp, 2856° K																	
Repeatability	± 2% rdg.																	
Spectral Sensitivity Characteristics	Approximates the SI relative luminous efficiency standard.																	
Incident Angle Characteristics	30°... within ± 2%; 60°... within ± 7%; 80°... within ± 25%																	
Photosensor	Selenium cell in hermetically-sealed housing																	
Operating Temperature/Humidity	0~40°C / < 65% RH																	
Recorder Output		DC 200mV f.s. (50Ω)																
Photosensor Lead Length	70cm (curl cord)	1.5m (approx.)																
Power Source		Four size AA; battery current approx. 40mA																
Overall Dimensions	110H×120W×60D mm	165H×168W×48D mm																
Main Unit Dimensions		146H×90W×32D mm																
Photosensor Dimensions	80H×61W×35D mm																	
Weight	520g (approx.)	620g (approx.)																
Accessories	Carrying case, Sensor cap																	
Standard Packing (Double carton box)	<table border="1"> <tr> <th>Secs</th> <th>N.W.</th> <th>G.W.</th> <th>M³</th> </tr> <tr> <td>30</td> <td>18kg</td> <td>21kg</td> <td>0.13m³</td> </tr> </table>	Secs	N.W.	G.W.	M ³	30	18kg	21kg	0.13m ³	<table border="1"> <tr> <th>Secs</th> <th>N.W.</th> <th>G.W.</th> <th>M³</th> </tr> <tr> <td>25</td> <td>19kg</td> <td>22kg</td> <td>0.13m³</td> </tr> </table>	Secs	N.W.	G.W.	M ³	25	19kg	22kg	0.13m ³
Secs	N.W.	G.W.	M ³															
30	18kg	21kg	0.13m ³															
Secs	N.W.	G.W.	M ³															
25	19kg	22kg	0.13m ³															

HIOKI E.E. CORPORATION

HEAD OFFICE: P.O. Box 1, Sakaki, Nagano, 389-06 Japan.
 Tel: 3327508 HIOKI J / Cable: HEWLOV, Ueda
 Tel. (0268) 82-3030 / Fax. (0268) 82-3215

HIOKI-RCC, INC.: 11B Princess Road Lawrenceville,
 New Jersey 08848 U.S.A.
 Telephone: (609) 896-0505

DISTRIBUTED BY

ภาคผนวก ข
Calibration certificate



Request No. BP-P 446 / 50

MTC No. PSL-P 295 / 50

CALIBRATION CERTIFICATE

Nomenclature : **Lux Hi Tester**

Serial No. : 224568

Maker : HIOKI

Model : 3421

Customer : **OFFICE OF DISEASE PREVENTION AND CONTROL 3 CHONBURI**

Address : 59/168 M. 3 T. Samet, A. Muang, Chonburi 20000

Date of request : 18 July 2007

Date of calibration : 21 August 2007

Place of calibration : Photometry Standards Laboratory, MTC. (Bangpoo)

Basis of calibration : Calibrated at 0 ~ 3000 lux.

Condition of calibration : - Ambient temperature : $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

- Relative humidity : $60 \pm 20\%$

Reference Standard : Working Standard Luminous Intensity Lamp, Serial No.: SB50142C, which was calibrated on 6 July 2007, can be traceable to International System of Units (SI) through the Australian National Standard maintained at National Measurement Laboratory (NML),CSIRO Division of Applied Physics , Australia calibration certificate No. RN45676 and RN45677.

Support Equipment : 1. Photometric bench , 3.0 meter long
2. DC power supply, Serial No.: BC - 341006035007/2
3. Digital Multimeter , Model : R 6551 , S/N : 42040037 and 42040048

Calibration Procedure : The measurement was done in accordance with W1.CP.10.

The reported uncertainty is based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$, providing a level of confidence of approximately 95 %.

page 1 of 2

The above results are valid exclusively for the tested / analysed sample(s) calibrated item(s) as mentioned in this report/certificate.
Advertising the Report/Certificate and publicity of the results except in full are prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR.

THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)
INDUSTRIAL METROLOGY AND TESTING SERVICE CENTRE

FM.BL.MTC.002 Rev.2

196 Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900
Tel. (66) 0 2579 1121-30, 0 2579 5515 ext. 5225, 5226
Fax (66) 0 2561 4771, 0 2579 5592
URL : <http://www.tistr.or.th>

Soi 1, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road,
Amphoe Muang, Samutprakan 10280
Tel. (66) 0 2323 1872 - 80, 0 2708 4147 ext. 115, 116
Fax. (66) 0 2323 9155



Request No. : BP-P 446 / 50

MTC No. PSL-P 295 / 50

Serial No. : 224568

Results :

UUC Range (lux)	Standard (lux)	* UUC Reading (lux)	Uncertainty of Measurement ± (lux)
300	0	0	2.9
	50	60	3.0
	100	110	3.3
	150	160	3.8
	200	205	4.4
	250	250	5.1
	300	290	5.8
1000	200	220	12.0
	400	440	13.3
	500	520	14.3
	600	610	15.3
	800	780	17.7
3000	1000	920	20.4
	500	600	30.1
	1000	1100	33.4
	1500	1550	38.3
	2000	1950	44.3
	2500	2250	51.0
	3000	2550	58.2

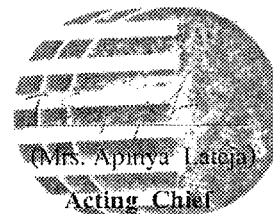
Note : 1. UUC = Unit Under Calibration.
* 2. No adjustment.

Calibrated by :

(Mr. Kittipat Wiriyaprasat)

Approved by :

Ten



(Mrs. Apinya Latana)
Acting Chief

Photometry and Temperature Standards Laboratory

Ref. : 2112250071801630001

Issued date : 3 September 2007

page 2 of 2

The above results are valid exclusively for the tested / analysed sample(s) calibrated item(s) as mentioned in this report/certificate.
Advertising the Report/Certificate and publicity of the results except in full are prohibited unless written permission is obtained from the governor of TISTR.

THAILAND INSTITUTE OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH (TISTR)
INDUSTRIAL METROLOGY AND TESTING SERVICE CENTRE

FM.BL.MTC.002 Rev.2

166 Phahonyothin Road, Chatuchak, Bangkok 10900
Tel. (66) 0 2579 1121-30, 0 2579 5515 ext. 5225, 5226
Fax. (66) 0 2561 4771, 0 2579 8502
URL : <http://www.tistr.or.th>

Soi 1, Bangpoo Industrial Estate, Sukhumvit Road,
Amchoe Muang, Samuaprasak 10280
Tel. (66) 0 2323 1872 - BG. 0 2709 4147 ext. 115, 116
Fax. (66) 0 2323 9165

ภาคผนวก ก

Calibration certificate เครื่องต้นแบบ



Sang Chai Meter
CALIBRATION LABORATORY

748/12 Phaholyothin Road, Samsen Nai Phayathai, Bangkok 10400.
Tel. 02-616-8031, 02-616-8041, 02-616-8051
Fax. 02-616-8051 EKT. 5501, 02 278-5525 Email : scmth@ksc9.th.com

APPROVED SIGNATORY :

NAME : GRITSANAPONG SUMANACHAYANUN
(QUALITY MANAGER)

SIGNATURE :



CERTIFICATE NO. CAL09817-07

PAGE 1 OF 3

Certificate of Calibration

EQUIPMENT	DIGITAL LUX METER
MANUFACTURER	-----
MODEL / TYPE	: -----
SERIAL NO.	: -----
CLIENT	: Mr.Chairat Unkam
C.S.R. No.	: L1036-2007
DATE OF ISSUE	: 04 December 2007

The uncertainties are for a level of confidence of approximately 95%.

This certificate may not be reproduced except in full unless permission for the reproduction has been obtained in writing from the laboratory.



Sang Chai Meter

CALIBRATION LABORATORY

CAL09817-07

CERTIFICATE No. _____

PAGE 2 OF 3

CALIBRATION REPORT

Equipment : DIGITAL LUX METER

Date of Receipt : 01 DEC 2007

Date of Calibration: 02 DEC 2007

Environment : Temperature : (22 + 3) °C
Relative Humidity : (50 + 10) % RH

Customer :

Reference / Procedure Used :

This Instrument was calibrated by substitution with reference illuminance meter, the instrument and reference illuminance meter were mounted with the plane of its diffuser vertical and normal to the direction of measurement. Calibration was illuminated by the luminous standard lamp (operated at colour temperature 2856K) according to Sang Chai Meter Calibration Laboratory work instruction No. 501.

All data shown below were as-received values without adjustment.

Measurement Results :

U.U.C. Range (lux)	Standard (lux)	U.U.C. Reading (lux)	Error (lux)	Uncertainty + - (lux)
200	0	0.0	0.0	0.06
	50	51.4	1.4	1.4
	100	103.0	3.0	2.6
	150	154.2	4.2	3.8
	195	199.7	4.7	5.0



Sang Chai Meter CALIBRATION LABORATORY

CAL09817-07

CERTIFICATE No. _____

PAGE 3 OF 3

CALIBRATION REPORT

Measurement Results (cont.)

U.U.C. Range (lux)	Standard (lux)	U.U.C. Reading (lux)	Error (lux)	Uncertainty ± (lux)
2 000	0	0	0	0.6
	195	199	4	5
	500	505	5	13
	1 000	1 000	0	25
	1 950	1 916	-34	50

This certification is traceable to National Metrology Laboratory CSIRO, (Australia), through Photometry Standard Laboratory Calibration Certificate No. CAL 028 dated 22 OCT 2006 for Reference Photometer Meter.

The reported uncertainty of measurement was estimated and based on a standard uncertainty multiplied by a coverage factor $k = 2$, providing a level of confidence of approximately 95 %.

This report will certify of the calibrated equipment only.

- oOo -

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายชัยรัตน์ อุ่นคำ
วัน เดือน ปี	29 สิงหาคม 2507
สถานที่เกิด	คลองเตย กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ปีการศึกษา 2530
สถานที่ทำงาน	บริษัทอิมเมอร์สัน อิเล็กทริก(ประเทศไทย)จำกัด จังหวัดระยอง
ตำแหน่ง	หัวหน้าแผนกผลิตมอเตอร์