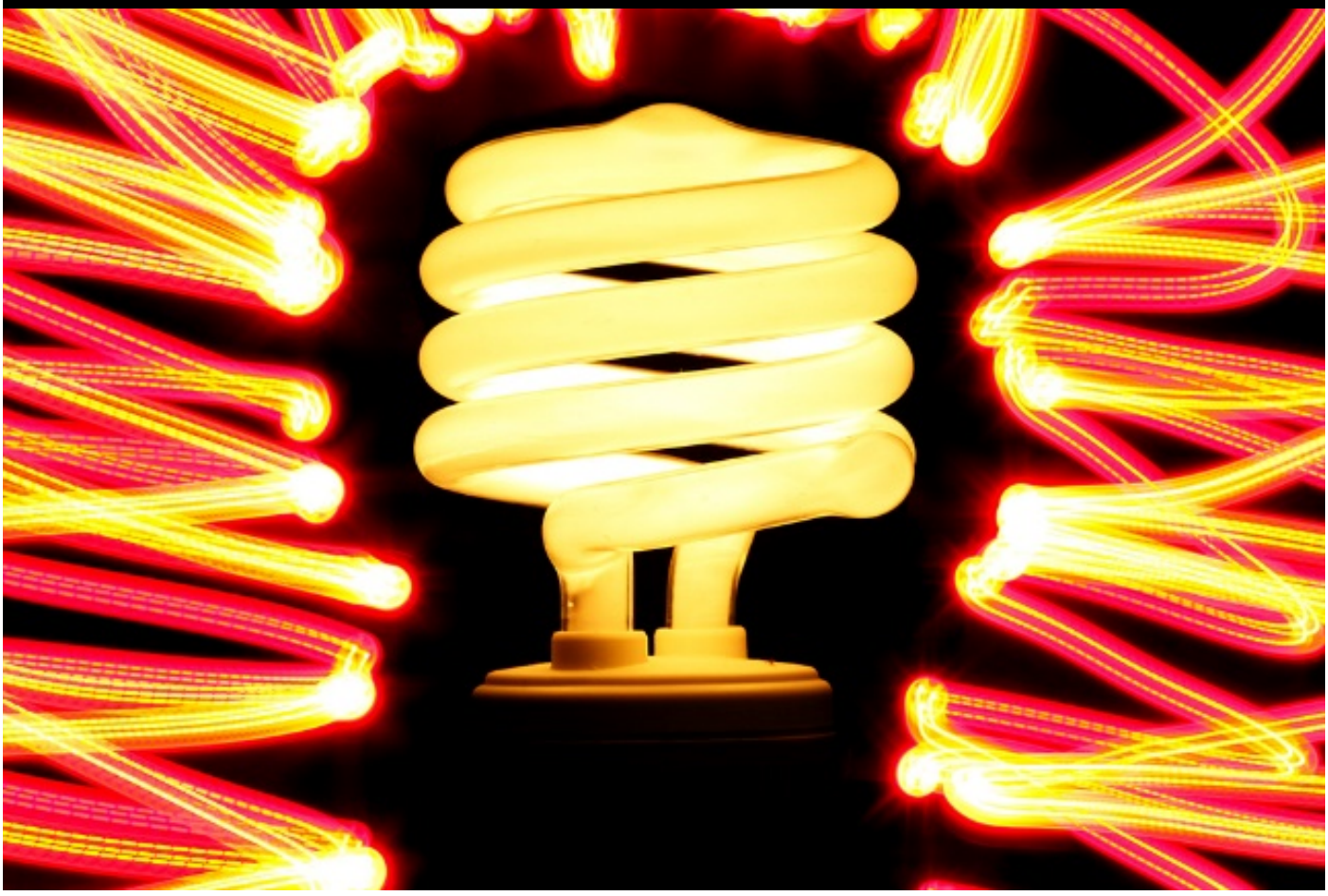
METROLOGY info
Vol.21 No.W2-2019

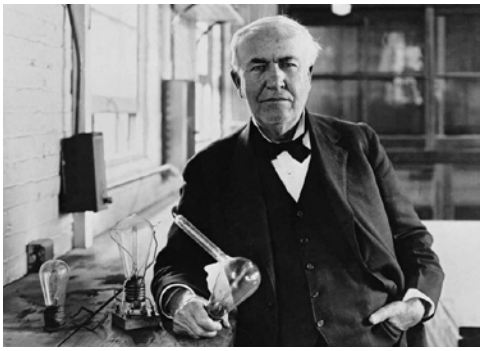
NIMT ARTICLE:

มาตรวิทยายกระดับคุณภาพการทดสอบอุปกรณ์ให้แสงสว่าง ด้วย "ระบบสแกนทรงกลมรวมแสง"



ขอบคุณภาพจาก Jonathan Cohen, flickr.com

อุปกรณ์ให้แสงสว่าง หรือที่นิยมเรียกกันสั้นๆ ว่า “หลอดไฟฟ้า” เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง หลอดไฟฟ้าถูกประดิษฐ์ขึ้นครั้งแรกในศตวรรษที่ 19 โดยในปี ค.ศ. 1979 โธมัส แอลวา เอดิสัน (Thomas Alva Edison) นักฟิสิกส์ชาวอเมริกัน ได้พัฒนาหลอดไฟฟ้าที่ใช้คาร์บอนเส้นเล็กๆ เป็นไส้หลอด และต่อมาได้มีการพัฒนาขึ้นจนเป็นหลอดไฟฟ้าดังที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน



โธมัส แอลวา เอดิสัน
(Thomas Alva Edison)

อย่างไรก็ดี การผลิตอุปกรณ์ให้แสงสว่างที่วางจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ไม่ว่าจะเป็นหลอดไส้ หลอดแอลอีดี หรือหลอดฟลูออเรสเซนต์ นั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ก่อนส่งมอบให้แก่ผู้บริโภค ซึ่งการวัดที่ถูกต้องและการสอบกลับได้ทางการวัดเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิตว่าเป็นไปตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้หรือไม่ อีกทั้งเป็นการป้องกันสินค้าที่ไม่ได้มาตรฐานกระจายออกสู่ตลาดอีกทางหนึ่งด้วย

จากข้อมูลทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ในปี 2561 พบว่าอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ให้แสงสว่างของไทย โดยเฉพาะหลอดแอลอีดี มีมูลค่าทางการตลาดสูงถึง 26,000 ล้านบาท และมีอัตราการขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.7 ในแต่ละปี ซึ่งนับว่ามีส่วนสำคัญในการเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศ

ขอบคุณภาพจาก jannoon028, freepik.com

แต่จากการสำรวจปัญหาของการวัดปริมาณทางแสง ในกลุ่มผู้ประกอบการผลิตอุปกรณ์ให้แสงสว่าง และห้องปฏิบัติการทดสอบที่ทำหน้าที่ทดสอบผลิตภัณฑ์อุปกรณ์ให้แสงสว่างของไทย ภายใต้กิจกรรมชมรมมาตรวิทยาแสงและสี ที่จัดขึ้นโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ กลับพบว่า **ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ ประสบปัญหาด้านองค์ความรู้ของบุคลากร รวมถึงเครื่องมือเฉพาะที่จำเป็นในการใช้งาน ตลอดจนวิธีการวัด การวิเคราะห์ผลที่ซับซ้อน**

ขอบคุณภาพจาก freepik.com

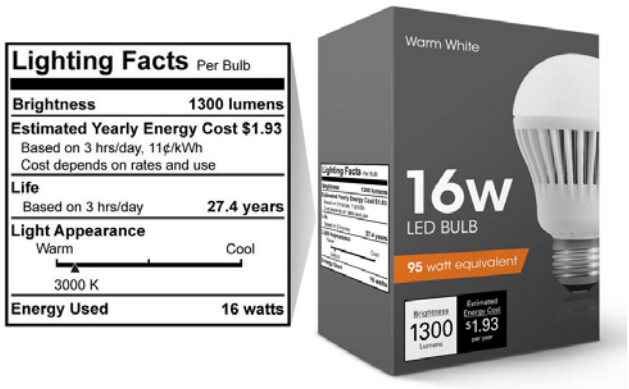
จากปัญหาดังกล่าว **กลุ่มงานแสงและสี ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ** ในฐานะที่รับผิดชอบการเก็บรักษามาตรฐานทางด้านแสงของประเทศ และทำการถ่ายทอดค่าความถูกต้องของการวัดไปยังห้องปฏิบัติการทุติยภูมิ ห้องปฏิบัติการทดสอบ และภาคการผลิตที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในกิจกรรมการวัดต่าง ๆ ได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของเทคโนโลยีการวัดแสงสว่างสำหรับการผลิตหลอดแอลอีดี (LED) จึงได้จัดทำ "โครงการพัฒนาความถูกต้องในการวัดสมบัติทางแสง เพื่อยกระดับคุณภาพสินค้าของอุตสาหกรรมอุปกรณ์ให้แสงสว่าง" ขึ้นในปี 2559 โดยมีเป้าหมายคือ พัฒนาเครื่องสแกนทรงกลมรวมแสง (sphere scanner) และพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลในระบบการวัดหลอดแอลอีดี อันจะนำไปสู่การยกระดับคุณภาพสินค้า และส่งเสริมศักยภาพการแข่งขันทางการค้าให้กับอุตสาหกรรมอุปกรณ์ให้แสงสว่างในอนาคต

ปริมาณทางแสง

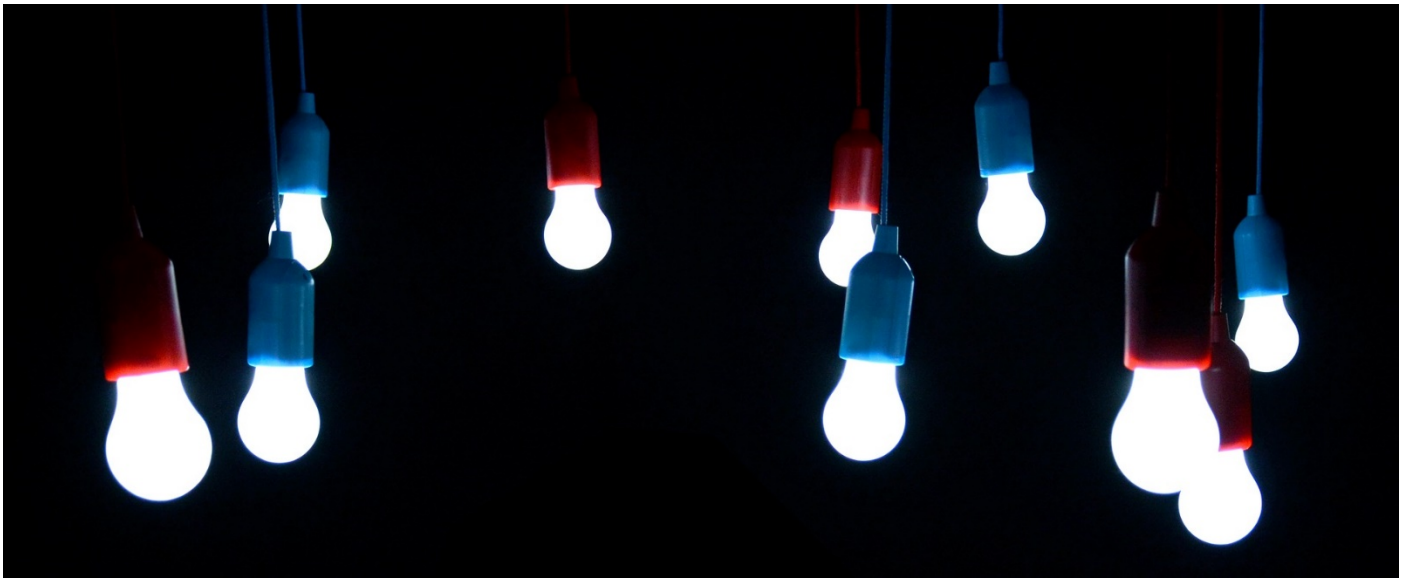
ปริมาณทางแสงที่เกี่ยวข้องในการผลิตอุปกรณ์ให้แสงสว่างมีหลายปริมาณ อาทิ

- ☐ **ฟลักซ์แสง** (luminous flux)
- ☐ **ความเข้มแสง** (luminous intensity) และ
- ☐ **อุณหภูมิสี** (correlated color temperature)

แต่ปริมาณหนึ่งที่มีความสำคัญและใช้ในการกำหนดคุณลักษณะของอุปกรณ์ให้แสงสว่าง คือ **"ฟลักซ์แสง"** ซึ่งต้องมีการตรวจสอบในกระบวนการผลิตว่าเป็นไปตามที่กำหนดไว้หรือไม่ก่อนจำหน่ายให้กับผู้บริโภคต่อไป



รูปที่ 1 ค่าฟลักซ์แสงที่ระบุข้างกล่องผลิตภัณฑ์หลอดไฟ



ขอบคุณภาพจาก Klaus Hausmann, pixabay.com

ฟลักซ์แสง (luminous flux) มีหน่วยเป็นลูเมน (lumen) เป็นปริมาณที่บ่งบอกระดับแสงสว่างทั้งหมดที่อุปกรณ์ให้แสงสว่างนั้นเปล่งออกมา ในกระบวนการผลิต จะมีขั้นตอนการตรวจสอบว่า สินค้ามีฟลักซ์แสงเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ก่อนจำหน่ายให้กับผู้ใช้งานทั่วไป ดังนั้น ความถูกต้องของการวัดฟลักซ์แสง จึงเป็นส่วนสำคัญในกระบวนการควบคุมคุณภาพการผลิตอุปกรณ์ให้แสงสว่าง และส่งผลต่อความสามารถในการแข่งขันทางการค้าของผู้ประกอบการภายในประเทศอีกด้วย

ทฤษฎีการวัดทางด้านแสงแสดงให้เห็นว่า **การวัดค่าฟลักซ์แสง โดยวิธีทรงกลมรวมแสง (integrating sphere method)** ของหลอดไฟที่มีการกระจายความเข้มแสงแตกต่างจากหลอดมาตรฐาน จำเป็นต้องคำนึงถึงความไม่เป็นเอกรูป (non-uniformity) ของการตอบสนองของทรงกลมรวมแสง (sphere response) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่อาจก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดสูงถึง 5% โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดไฟที่มีการกระจายความเข้มแสงแบบมีทิศทาง อาทิ หลอดพาร์ (PAR)

> ดังนั้น **การศึกษาความไม่เป็นเอกรูปของทรงกลมรวมแสงโดยการวัดการตอบสนองของทรงกลม จึงมีความสำคัญอย่างสูงต่อความถูกต้องของการวัดค่าฟลักซ์แสง** ทั้งนี้ การศึกษาดังกล่าวจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือที่ออกแบบเป็นการเฉพาะที่สามารถวัดการตอบสนองของทรงกลมรวมแสงในทุก ๆ ตำแหน่งของพื้นที่ผิวภายในทรงกลมได้

ระบบสแกนทรงกลมรวมแสง

กลุ่มงานแสงและสี ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง ได้พัฒนาระบบสแกนทรงกลมรวมแสง (sphere scanner) และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อใช้ในการหาค่าแก้เชิงพื้นที่ขึ้น ระบบดังกล่าวประกอบด้วย

1) ชุดสแกนทรงกลมรวมแสง ประกอบด้วย หลอดแอลอีดีแสงขาว และชุดมอเตอร์ 2 แกน ที่สามารถสแกนแสงแอลอีดีไปยังตำแหน่งต่าง ๆ บนผิวภายในทรงกลมรวมแสงได้

2) มาตรแสง (photometer) สำหรับวัดสัญญาณแสงจากการสแกนแสงแอลอีดี

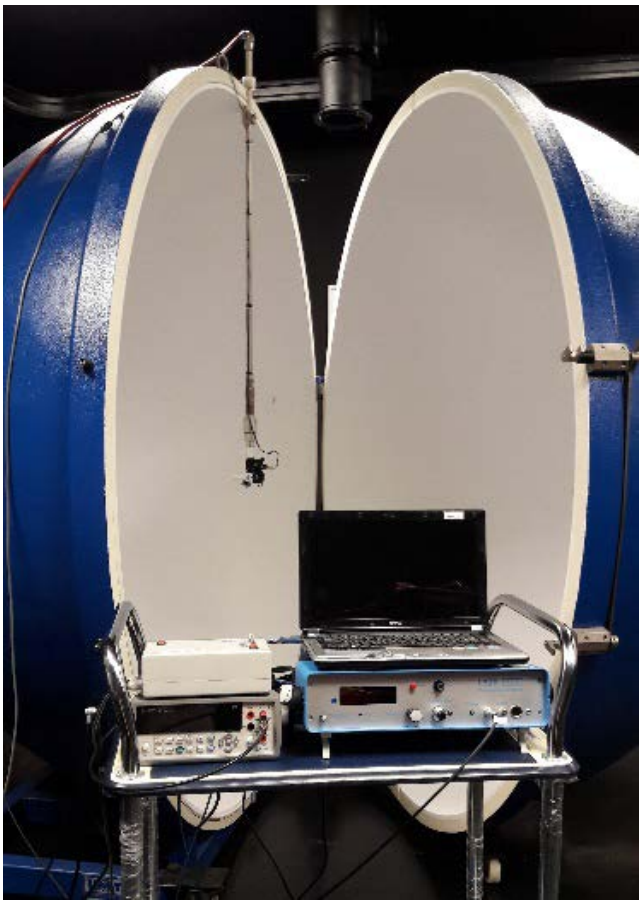
3) เครื่องขยายกระแสไฟฟ้า (current amplifier) สำหรับขยายสัญญาณทางไฟฟ้าที่วัดได้โดยมาตรแสง

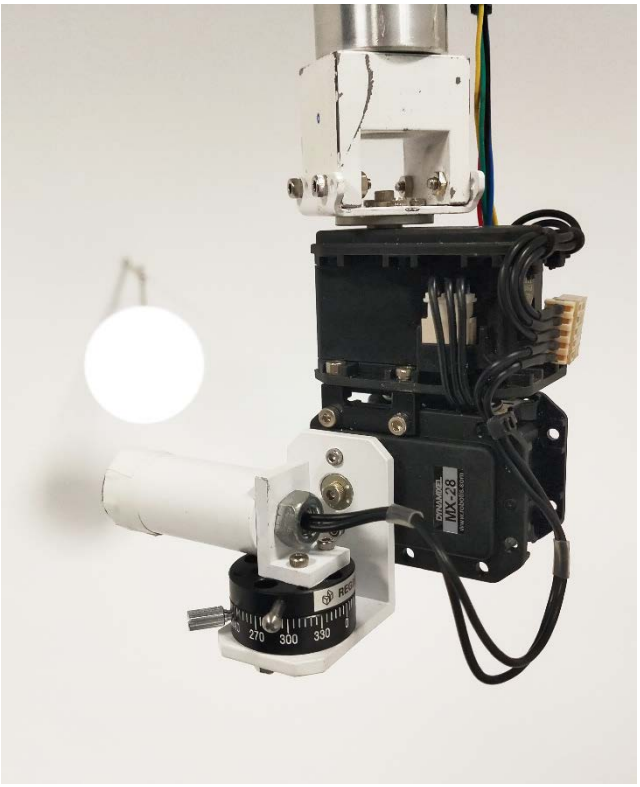
4) ดิจิทัลมัลติมิเตอร์ (digital multimeter) สำหรับวัดสัญญาณทางไฟฟ้าจากเครื่องขยายกระแสไฟฟ้า

5) คอมพิวเตอร์ ที่ติดตั้งโปรแกรมสำหรับควบคุมชุดสแกนทรงกลมรวมแสง และบันทึกผลการวัด

ชุดสแกน จะถูกติดตั้ง ณ จุดศูนย์กลางของทรงกลมรวมแสง โดยใช้ขั้ว E27 ทำงานด้วยการสแกนในแนวดิ่ง (theta) 0˚-180˚ และในแนวราบ (phi) 0˚-360˚ เพื่อให้แสงแอลอีดี ตกกระทบผิวภายในทรงกลมรวมแสง ณ ตำแหน่งที่ต้องการ แสงสะท้อนจากผิวทรงกลมรวมแสง จะถูกวัดด้วยมาตรแสง และบันทึกด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยมุม 5˚ x 5˚

การวัดแสงสะท้อนดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงการตอบสนองต่อแสงของหลอดไฟทดสอบ (test lamp) ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ว่ามีความสม่ำเสมอหรือแตกต่างกันอย่างไร

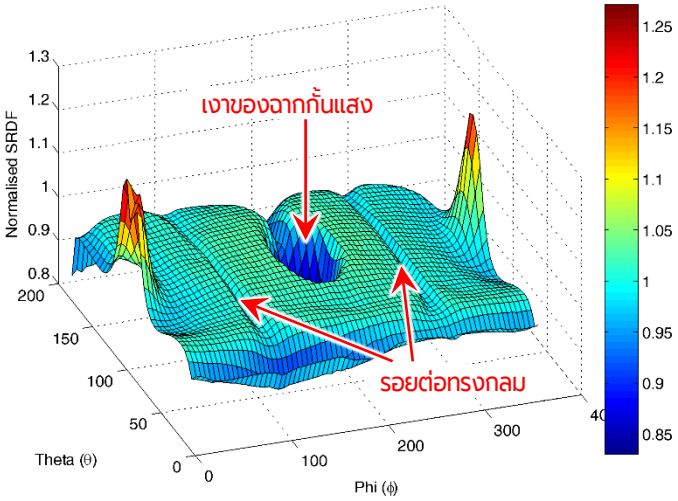




รูปที่ 2 ระบบสแกนทรงกลมรวมแสง
ที่พัฒนาโดยกลุ่มงานแสงและสี

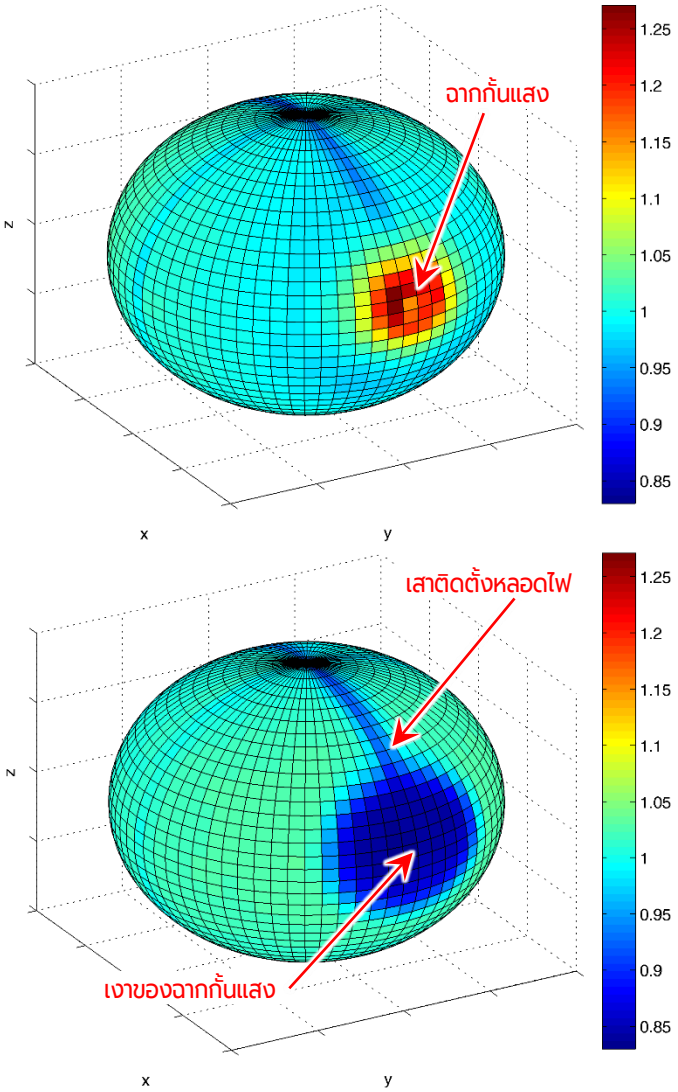
ผลการทดลองใช้งาน

ผลการวัดการตอบสนองของทรงกลมรวมแสง ณ สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ แสดงให้เห็นถึงความไม่เป็นเอกรูปของทรงกลมรวมแสง ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลทางทฤษฎี กล่าวคือ ปรากฏลักษณะของฉากกั้นแสง (baffle) และเงาของฉากกั้นแสงในทิศทางตรงกันข้าม ทั้งนี้ ความละเอียดของระบบสแกนทรงกลมรวมแสง สามารถแสดงให้เห็นถึงรอยต่อของทรงกลม และเสาสำหรับติดตั้งหลอดไฟ ดังแสดงในรูปที่ 3-4



รูปที่ 3 ผลการวัดการตอบสนองของทรงกลมรวมแสงของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (พิกัดคาร์ทีเซียน)

> ผลการวัดดังกล่าว แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของ ระบบสแกนทรงกลมรวมแสง ซึ่งเทียบเท่ากับระบบที่จำหน่ายเชิงพาณิชย์ในต่างประเทศ และมีราคาสูง

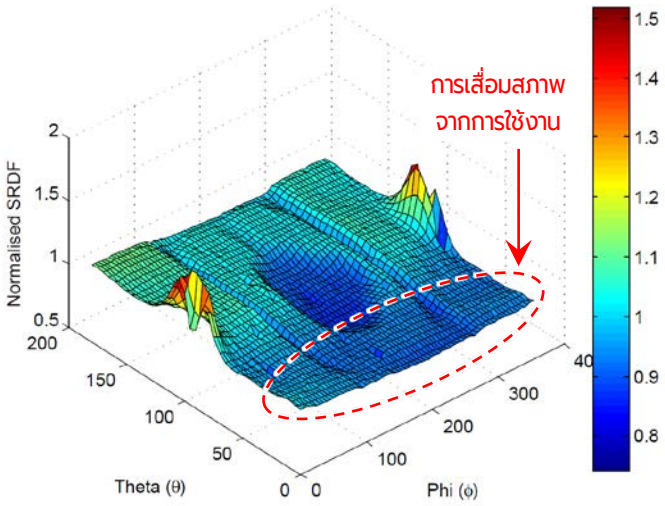


รูปที่ 4 ผลการวัดการตอบสนองของทรงกลมรวมแสงของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (พิกัดทรงกลม)

อนึ่ง *ความไม่เป็นเอกรูปของทรงกลมรวมแสง ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดฟลักซ์แสง ซึ่งอาจมีค่าสูงถึง 5% สำหรับหลอดไฟบางประเภท หากภาคการผลิตหรือผู้เกี่ยวข้องกับการทดสอบผลิตภัณฑ์ให้แสงสว่างไม่คำนึงถึงความจำเป็นในการประเมินความคลาดเคลื่อนดังกล่าวแล้ว ย่อมส่งผลให้คุณภาพของสินค้าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนดไว้*

การถ่ายทอดเทคโนโลยี

กลุ่มงานแสงและสีได้นำระบบสแกนทรงกลมรวมแสงไปทดลองใช้จริงกับห้องปฏิบัติการนำร่องแห่งหนึ่ง พบว่า ระบบสแกนทรงกลมรวมแสงสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลการวัดดังกล่าวทำให้ห้องปฏิบัติการนำร่อง ตระหนักถึงความสำคัญในการดูแลรักษาทรงกลมรวมแสงระหว่างใช้งาน เพื่อป้องกันการเสื่อมสภาพของผิวภายในทรงกลมรวมแสง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มระดับของความไม่เป็นเอกรูป และส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

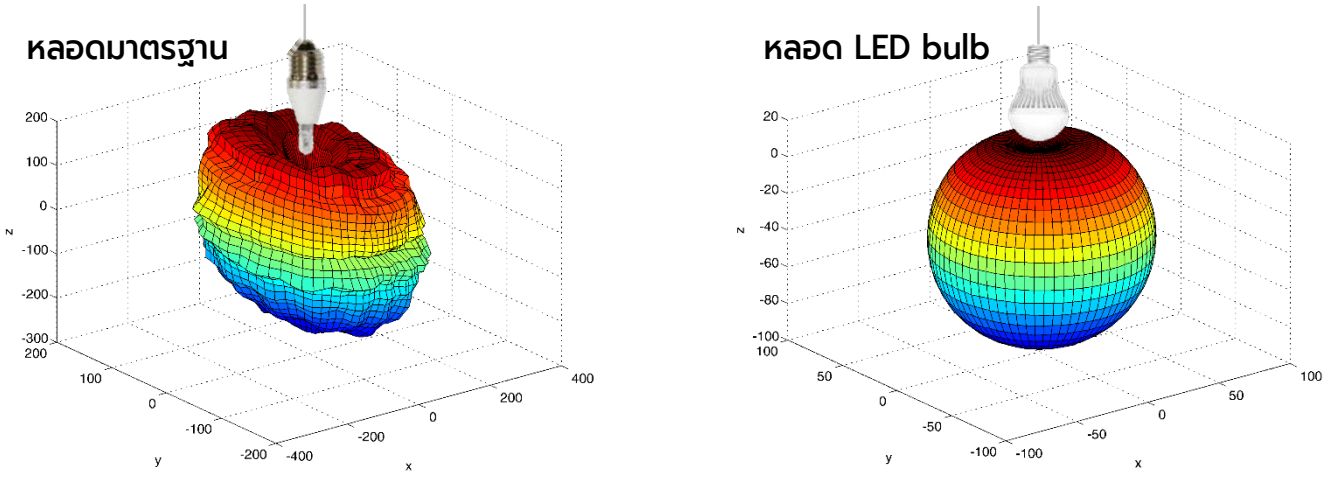


รูปที่ 5 ผลการวัดการตอบสนองของทรงกลมรวมแสงของห้องปฏิบัติการนำร่อง

ความไม่เป็นเอกรูปของทรงกลมรวมแสง ที่เกิดจากการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 5 อาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยการทำความสะอาด หรือพ่นสารสะท้อนแสงใหม่ แต่ความไม่เป็นเอกรูปที่เกิดจากโครงสร้างภายในของทรงกลม เช่น ฉากกั้นแสง หรือรอยต่อทรงกลมนั้น เป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

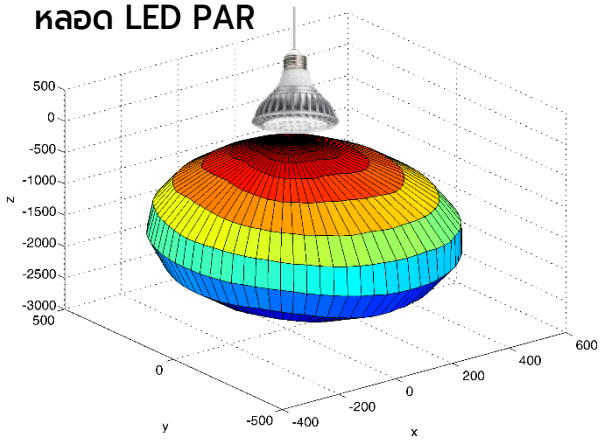
ดังนั้นการใช้ค่าแก้เชิงพื้นที่สามารถทำให้ผลการวัดฟลักซ์แสงมีความถูกต้องขึ้นได้ ทั้งนี้ การคำนวณค่าแก้เชิงพื้นที่ (spatial correction factor: scf) ต้องใช้ข้อมูลการตอบสนองของทรงกลมรวมแสงที่ได้จากการวัดด้วยระบบสแกนทรงกลมรวมแสง และข้อมูลการกระจายความเข้มแสงของหลอดมาตรฐาน และหลอดทดสอบ ดังรูปที่ 6 (แสดงการกระจายความเข้มแสงของหลอดมาตรฐาน และหลอดทดสอบ 3 ประเภท ได้แก่ หลอด LED bulb, หลอด LED PAR และหลอด LED tube ซึ่งมีผลการคำนวณค่าแก้เชิงพื้นที่ดังภาพ

รูปที่ 6 การกระจายความเข้มแสงของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ



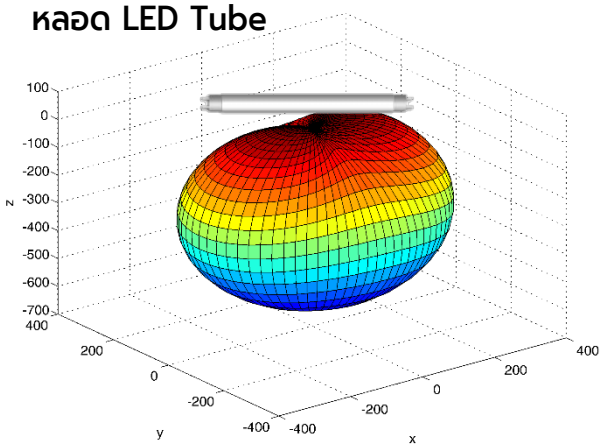
- ☐ ค่าแก้เชิงพื้นที่: 1.018
- ☐ ความคลาดเคลื่อน: 1.8 %

หลอด LED PAR



- ☐ ค่าแก้เชิงพื้นที่: 1.054
- ☐ ความคลาดเคลื่อน: 5.4 %

หลอด LED Tube



- ☐ ค่าแก้เชิงพื้นที่: 1.036
- ☐ ความคลาดเคลื่อน: 3.6 %

ผลการคำนวณแสดงให้เห็นว่า หากไม่ใช้ระบบสแกนทรงกลมรวมแสง วัดการตอบสนองของทรงกลม และคำนวณค่าแก้เชิงพื้นที่จะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดฟลักซ์แสงสูงถึง 1.8%, 5.4% และ 3.6% สำหรับหลอด LED bulb, หลอด LED PAR และหลอด LED tube ตามลำดับ ทั้งนี้หลอดที่มีการกระจายความเข้มแสงแบบมีทิศทาง คือ หลอด LED PAR ซึ่งจะมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด

จากข้อมูลข้างต้นแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการศึกษาความเป็นเอกรูปของทรงกลมรวมแสง เพื่อพัฒนาความถูกต้องของผลการวัดฟลักซ์แสงในขั้นตอนการผลิตและควบคุมคุณภาพสินค้า และในฐานะที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างพื้นฐานทางคุณภาพของประเทศ (National Quality Infrastructure: NQI) และมีภารกิจในการพัฒนาองค์ความรู้ด้านมาตรวิทยา อันจะนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ยกระดับความสามารถภาคการผลิตภายในประเทศ

กลุ่มงานแสงและสี จึงได้จัดทำโครงการถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีการวัดทางด้านแสง เพื่อยกระดับคุณภาพสินค้าอุปกรณ์ให้แสงสว่าง และส่งเสริมศักยภาพการแข่งขันให้แก่ผู้ประกอบการภายในประเทศ

ผู้สนใจเข้าร่วมโครงการฯ (ไม่มีค่าใช้จ่าย) สามารถสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมได้ที่

ดร.สุนทร จรรยาวดี
กลุ่มงานแสงและสี
ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
โทร. 0 2577 5100 ต่อ 2322
Email: soontorn@nimt.or.th

คำสำคัญ
#ฟลักซ์แสง, #luminous flux, #ความไม่เป็นเอกรูป, #non-uniformity, #การตอบสนองของทรงกลมรวมแสง, #integrating sphere response

เนื้อหาบทความ
โดย
ดร.สุนทร จรรยาวดี
กลุ่มงานแสงและสี
ฝ่ายมาตรวิทยาอุณหภูมิและแสง

เรียบเรียง/Graphic Design
โดย
ฐานิยา คัมภิรานนท์
กลุ่มงานสื่อสารองค์การ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
www.nimt.or.th