

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

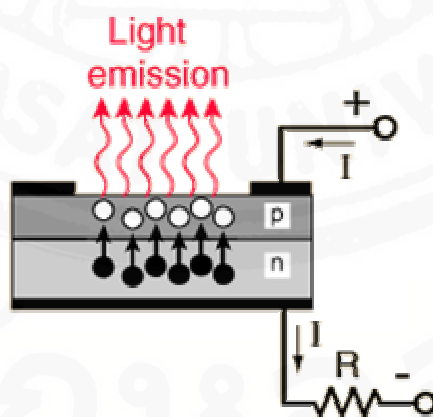
2.1 LED (Light Emitting Diode)

2.1.1 หลักการทำงานของLED

LED คือไดโอดที่สามารถเปล่งแสงได้ จากปรากฏการณ์ Electroluminescence ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เปลี่ยนอิเล็กตรอนกลายเป็นโฟตอนโดยตรงและปราศจากความร้อน แกนกลางของ LED จะประกอบด้วยขั้วสองขั้วคือขั้ว P (Positive) และขั้ว N (Negative) และมี Junction คั่นอยู่ระหว่างขั้วทั้งสองเมื่อ LED ได้รับแรงดันไฟฟ้าที่สูงพออิเล็กตรอนจะกระโดดจากขั้ว P ไป N และปลดปล่อยโฟตอนออกมา ทำให้เกิดการเปล่งแสงขึ้น โดยแสงที่เปล่งออกมาจะขึ้นอยู่กับการเลือกวัสดุที่ใช้ทำ LED ซึ่งสามารถสร้างแสงสว่างได้โดยตรงโดยไม่เกิดความร้อนจึงมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงกว่าหลอดประเภท Gas Discharge

รูปที่ 2.1

การทำงานของ PN Junction



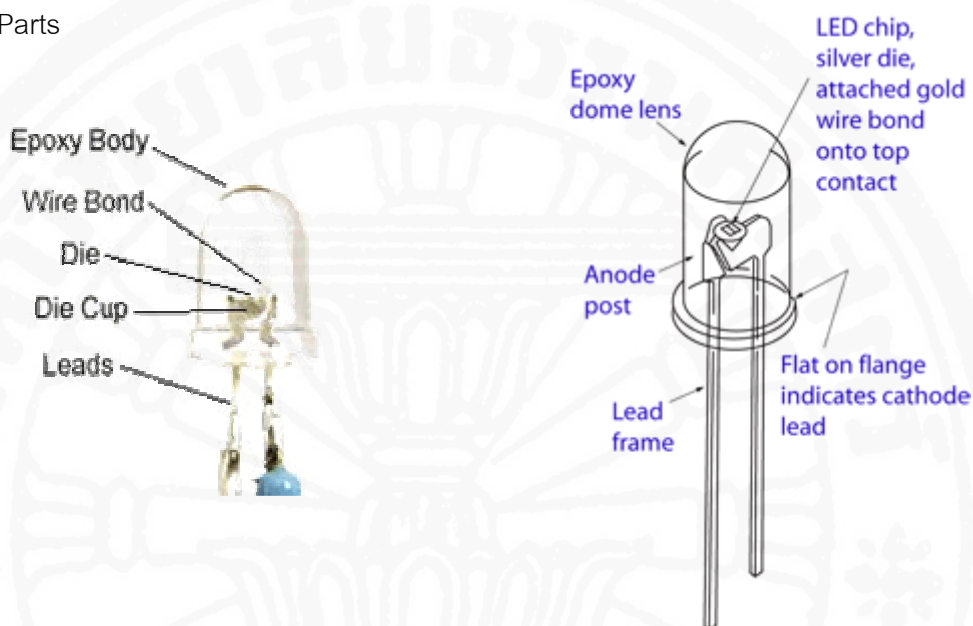
ที่มา [http:// hyperphysics.phy-astr.gsu.edu](http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu)

2.1.2 ส่วนประกอบ LED

รูปที่ 2.2

ส่วนประกอบ LED

LED Parts



ที่มา [http:// www.cresttech.com](http://www.cresttech.com)

LED มีหลายขนาดแต่ที่พบได้บ่อยๆจะเป็นขนาด 3 และ 5 มิลลิเมตร แกนของ LED มีลักษณะเป็นลูกบาศก์ ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำที่เป็นขั้วบวกและลบ (PN junction) ที่ทำหน้าที่เปล่งแสงออกมา ชนิดของสารกึ่งตัวนำจะเป็นตัวกำหนดสี และทั้งหมดจะอยู่บนถ้วยที่ทำหน้าที่สะท้อนแสงให้พุ่งไปที่โดมที่ทำจากอีพอกซีไสที่ใช้เป็นเคส โดมจะทำหน้าที่เป็นเลนส์ โดยใช้ระยะจากถ้วยถึงโดมในการกำหนดระยะโฟกัส LED บางแบบจะใช้เคสอีพอกซีแบบเรียบหรือเป็นเลนส์เว้าเพื่อให้กระจายแสงได้มากขึ้น

2.1.3 ประวัติในการพัฒนา LED

ปรากฏการณ์ electroluminescence เกิดจากการสังเกตการ ในปี 1907 โดย Henry Joseph Round สารที่ใช้เป็น ซิลิกอนคาร์ไบด์ (SiC) ซึ่งให้แสงสีเหลืองที่มีความสว่างต่ำจนไม่สามารถใช้งานได้และ ซิลิกอนคาร์ไบด์ยากต่อการนำไปใช้งาน งานวิจัยนี้จึงถูกละทิ้งไป การทดลองครั้งถัดมาเกิดที่เยอรมนี ปลายปี 1920 โดย B. Gudden และ R.W. Pohl โดยการใส่ ฟอสเฟอร์ทำจาก Zinc Sulphide doped กับทองแดง (ZnS:Cu) ซึ่งให้แสงในระดับต่ำ จึงไม่มีผลการวิจัยทางลึกออกมา

ในปี 1963 George Destriau ตีพิมพ์ รายงานเรื่องการปล่อยแสงโดยผง Zinc Sulphide (ZnS) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันอย่างกว้างขวางในวงการไฟฟ้าว่าเป็นผู้ประดิษฐ์ "electroluminescence"

การทดลองของอังกฤษในเรื่อง electroluminescence ใช้สารกึ่งตัวนำ Gallium Arsenide (GaAs) ในปี 1950 เป็นการเริ่มของ Light Emitting Diodes (LED) แบบในปัจจุบันซึ่งออกมาตอนต้นปี 1960 ในช่วงแรกแค่ทดลอง ต้องการใช้ ไนโตรเจนเหลวหล่อเย็น LED ขณะใช้งาน ซึ่งการพัฒนาต้องใช้ความพยายามอย่างมาก ในการทำให้ LED ใช้งานได้ที่อุณหภูมิห้อง LEDทางการค้าตัวแรกปล่อยแสงอินฟราเรดและผลิตขายอย่างเจี๊ยบๆ โดยใช้งานในด้าน sensor photo-electric

LEDที่มีแสงสีแดงตัวแรกถูกผลิตปลายปี 1960 โดยใช้ แกลเลียมอาเซไนด์ ฟอสเฟส (GaAsP) เป็นฐาน และมีการเปลี่ยนเป็น แกลเลียมฟอสเฟส เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความสว่าง และเป็นผลให้เกิดการผลิต LED สีส้ม

ในกลางปี 1970 LED แกลเลียมฟอสเฟส (GaP) สีเขียวซีดได้ถูกผลิตขึ้น และมีการใช้ชิป 2 ตัวคือสีแดงและเขียวจับคู่กันให้แสงสีเหลือง LED ขณะนั้นรัสเซียผลิต LED สีเหลืองจากซิลิกอนคาร์ไบด์ที่มีประสิทธิภาพต่ำ

LED สีเขียวบริสุทธิ์ได้ผลิตขึ้นในกลางปี 1980 โดยใช้ Gallium Aluminium Arsenide Phosphide (GaAlAsP) และเป็นการก่อให้เกิด superbright LED เจนเนอเรชันแรก โดยเริ่มจากสีแดง เหลือง และเขียว

ในต้นปี 1990 ultrabright LEDsถูกผลิตโดยใช้ Indium Gallium Aluminium Phosphide (InGaAlP) ให้แสงสี ส้มแดง ส้ม เหลือง และ เขียวอ่อน

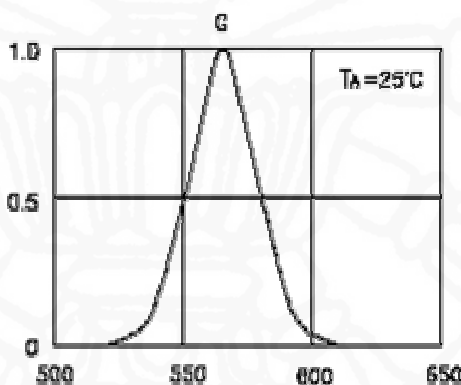
LED สีน้ำเงินก็ได้เริ่มปรากฏในปี 1990 เช่นกันและมีการนำซิลิกอนคาร์ไบด์ ที่เป็นสารกึ่งตัวนำสำหรับกำเนิดแสงในยุคแรกกลับมาใช้เหมือนกับ LED สีเหลืองของรัสเซีย และให้ความ

สว่างต่ำเมื่อเทียบกับมาตรฐาน LED ในยุคเดียวกัน กลางปี 1990 LED Ultrabright blue Gallium Nitride (GaN) ได้ปรากฏขึ้น และให้แสงสีเขียวและน้ำเงินความเข้มสูง และหลังจากนั้นไม่นานชิปชนิดสีน้ำเงินนี้ได้กลายเป็นพื้นฐานในการผลิต LED สีขาว โดยการเคลือบ fluorescent phosphors. ซึ่งฟอสเฟอร์ จะดูดซับแสงสีน้ำเงินจากชิปและเปล่งแสงอีกครั้งเป็นสีขาว ซึ่งเทคนิคนี้ได้กลายเป็นการสร้าง LED สี ในย่านที่ตามองเห็น และปัจจุบัน LED ในท้องตลาดก็มีการสร้างสีพิเศษเช่น อควา สีชมพู เป็นต้น

2.1.4 สีของ LED

รูปที่ 2.3

ตัวอย่างช่วงคลื่นของแสงจาก LED



ที่มา [http:// www.cresttech.com](http://www.cresttech.com)

สีของ LED มักจะถูกกำหนดเป็น nm หรือนาโนเมตรซึ่งเป็นหน่วยของความยาวช่วงคลื่นแสง โดยวัดจาก peak output เนื่องจาก LED ไม่ได้เปล่งแสงสีเดียวแต่เป็นช่วงคลื่นในย่านของ spectrum จากกราฟแสดงสีและความเข้ม ตัวอย่าง LED สีเขียวที่มี peak ประมาณ 565 nm แต่ให้แสงในช่วง 520 nm – 610 nm ความกว้างของกราฟที่ 0.5 ของแกน Y จะเป็นการวัด purity ของสี ข้อสังเกต มีการให้อุณหภูมิที่มุมขวาของกราฟ เนื่องจาก จะมีการเปลี่ยนสีตามอุณหภูมิและกระแส ยกเว้น white LED จะขึ้นกับสารฟอสเฟอร์ ที่ใช้เคลือบ

2.1.5 White LED (LED ชนิดแสงขาว)

แสงสีขาว เกิดจากการผสมทุกๆสีจากย่านสีแดงถึงม่วงเข้าด้วยกัน จึงมีการใช้
คุณสมบัติในการวัดว่าแสงนั้นออกทางสีแดงหรือ น้ำเงิน คุณสมบัติที่สูงขึ้นจะทำให้แสงไปทางสีน้ำ
เงิน White LED มีคุณสมบัติแต่ LED สีเดียวไม่มี

ตารางที่ 2.1

แสดงคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสงประเภทต่างๆ

Color Temperature	Example	Wavelength nm	Color Name	Color Sample
2000°	Gaslight	over 1100	Infrared	
2470°	15 watt incandescent bulb	770-1100	Longwave NIR	
2565°	60 watt incandescent bulb	770-700	Shortwave NIR	
2665°	100 watt incandescent bulb	700-640	Red	
2755°	500 watt incandescent bulb	640-625	Orange-Red	
2900°	500 watt Krypton bulb	625-615	Orange	
3100°	Projector type filament bulb	615-600	Amber	
3250°	Photo Flood	600-585	Yellow	
3400°	Halogen	585-555	Yellow-Green	
3900°	Carbon arc	555-520	Green	
4200°	Moonlight	520-480	Blue-Green	
4700°	Industrial smog	480-450	Blue	
5100°	Hazy weather	450-430	Indigo	
5500°	Sun 30° above horizon	430-395	Violet	
6100°	Sun 50° above horizon	395-320	UV-A	
6700°	Electronic Flash	320-280	UV-B	
7400°	Overcast sky	280-100	UV-C	
8300°	Foggy weather			
30,000°	Blue sky			

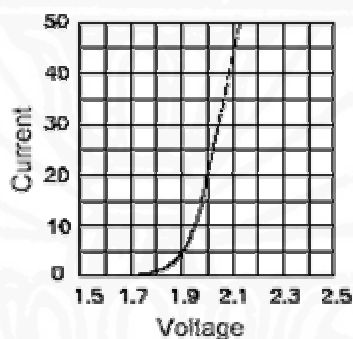
ที่มา [http:// www.cresttech.com](http://www.cresttech.com)

2.1.6 การนำ LED มาใช้งาน

LED นั้นต่างจากหลอดไฟชนิดอื่น โดยหลอด LED จะทำงานด้วยกระแส ซึ่งจะกำหนดแรงดันเริ่มต้น และแรงดันที่ทนได้สูงสุดมาให้ หากให้แรงดันเกินกว่ากำหนดกระแสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังกราฟ

รูปที่ 2.4

แรงดันและกระแสของ LED



ที่มา [http:// www.cresttech.com](http://www.cresttech.com)

จากกราฟ LED จะดับที่แรงดัน 1.7 โวลต์ จนถึง 1.95 โวลต์ ค่า dynamic resistance ซึ่งเป็นอัตราส่วนของแรงดันกับกระแส จะลดลง 4 โอห์ม เมื่อแรงดันมากกว่า 1.95 โวลต์ กระแสจะเพิ่มขึ้นมาก การเปลี่ยนแรงดันจาก 2.0 เป็น 2.04 โวลต์ ก็ทำให้ LED ใหม่ๆ ได้ เพื่อให้วงจรทำงานได้โดยไม่เสียหายจึงต้องนำ ตัวต้านทานมาต่ออนุกรมในวงจร การคำนวณค่าความต้านทานสำหรับอนุกรม

$$R_{\text{series}} = (V - V_f) / I_f$$

R_{series} เป็นค่าของตัวต้านทานหน่วยเป็น ohms

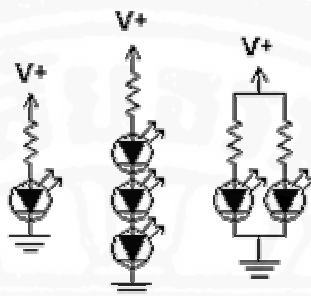
V แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ

V_f แรงดันตกคร่อม LED

I_f เป็นกระแสของ LED

รูปที่ 2.5

วงจรการต่อตัวต้านทานให้ LED

ที่มา [http:// www.cresttech.com](http://www.cresttech.com)

การนำตัวต้านทานมาอนุกรมนั้นไม่จำเป็นถ้าควบคุมแรงดันให้เหมาะสมได้การเพิ่มตัวต้านทานจะช่วยควบคุมแรงดันตกคร่อม LED ให้คงที่ในการอนุกรมตัวต้านทานเข้ากับวงจรนั้น

2.1.7 ค่าความสว่างของ LED

พลังงานทั้งหมดที่แผ่รังสีออกมาเป็นแสง จะเรียกว่า radiant flux มีหน่วยเป็น วัตต์ ในการวัดจะใช้แนวความคิด ว่าแสงจะพุ่งออกเป็นรูปกรวย 3 มิติจากแหล่งกำเนิด มีหน่วยเป็น steradian ถ้า radiant flux มีทิศทางและรูปทรงที่แน่นอนและมีทิศทางไปทางเดียวกัน ค่า radiant intensity จะเท่ากับ radiant flux หารด้วย 12.57 steradians หน่วยเป็น mW/sr และสมการที่ใช้ในการแปลงมุมให้เป็น steradians คือ

$$sr = 2 \pi (1 - \cos(\theta/2))$$

โดยที่ sr คือกรวย 3 มิติของลำแสงหน่วยเป็น steradians และ θ คือมุมของลำแสง.

Luminous flux และ luminous intensity มีวิธีการวัดเหมือน radiant power และ radiant intensity

เพียงแต่เป็นการปรับให้เข้ากับการตอบสนองของสายตามนุษย์ โดยปรับให้ Radiant power ที่ความยาวคลื่น 555 nm ให้เป็นค่ากลางมีค่าตัวคูณเป็น 1 แสงที่อยู่ในย่านอื่นที่สูงกว่าหรือต่ำกว่าจะมีตัวคูณที่ต่ำกว่าจนถึงช่วง อินฟราเรด และ อุลตราไวโอเลตจะมีตัวคูณเป็น ศูนย์

Luminous flux มีหน่วยเป็น lumen ส่วน luminous intensity มีหน่วยเป็น lumen per steradian หรือเรียกว่า candela (แสงเทียน)

ความสัมพันธ์ระหว่าง luminous flux, luminous intensity และ beam angle ถ้าโฟกัสให้ลำแสงแคบขึ้น luminous intensity จะเพิ่มขึ้นแต่ luminous flux ยังเท่าเดิม ซึ่งมีความสำคัญในการเลือกใช้ LED ตามวัตถุประสงค์มาก ตัวอย่างเช่น 2000 mcd 30° มีความสว่างสูงกว่า 8000 mcd 15° (ถ้ามุมลำแสงลดลงครึ่งหนึ่ง ลำแสงจะมีความสว่างเพิ่มขึ้นสี่เท่า LED ส่วนใหญ่จึงทำให้ใส่ไม่ให้แสงกระจายไปทิศทางอื่น

ความสว่างของ LED จะวัดเป็น millicandela (mcd) LED ทั่วไปจะมีค่าประมาณ 50 mcd ส่วนชนิด ultra- bright LED จะมีค่าประมาณ 15000 mcd หรือสูงกว่า เมื่อมีการเทียบกับหลอดไส้ขนาด 100 วัตต์ จะมี 1700 lumen และมีความสว่าง 135000 mcd และถ้าบีบแสงให้มีลำขนาด 20° จะมีความสว่างขนาด 18000000 mcd (Francis, et al.,1982,P.727-728)

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการศึกษา

2.2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวกับความส่องสว่าง

คำจำกัดความของความเข้ม intensity ของแสงหรือการแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คิดเป็น พลังงานต่อหน่วยพื้นที่ หน่วยเป็นวัตต์/ตารางเมตร ทำนองเดียวกันการวัดการแผ่รังสีของพลังงานจากแหล่งกำเนิดแสง radiant power หรือ radiant flux ที่มีหน่วยเป็น watts นั้นไม่เหมาะสมในการวัด ความสว่าง เพราะว่า การแผ่รังสีจากแหล่งกำเนิดแสงนั้นมีย่านที่ตามองไม่เห็นอยู่ด้วย เช่นหลอดไส้ปกติมีการแผ่พลังงานเป็นรังสีอินฟราเรด มากกว่าย่านตามองเห็น และสายตามนุษย์มีการตอบสนองต่อความยาวคลื่นไม่เท่ากัน หลอดไฟไส้หลอดขนาด 1 วัตต์ ให้ความรู้สึกว่ามีความสว่างกว่าหลอดสีน้ำเงิน 1 วัตต์

luminous flux มีหน่วยเป็น lumen นั้นมาจาก การ วัดปริมาณแสงที่เปล่งออกมาจากพื้นที่ $1/60 \text{ cm}^2$ ของเพลาหินนิ่มบริสุทธิ์ ณ จุดหลอมเหลว (ประมาณ 1770°C) ใน 1 steradian ตัวอย่างเช่น 40 วัตต์ของหลอดไส้จะให้ luminous flux ประมาณ 500 lumen แต่หลอด ฟลูออเรสเซนต์ 40 วัตต์จะได้ 2300 lumen

เมื่อ luminous flux กระทบพื้นผิวจะเป็นความสว่าง เรียก illuminance คือ luminous flux ต่อพื้นที่ ตารางเมตรหน่วยเป็น lux

$$1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$$

และ luminous intensity คือ lumen ต่อ steradian หรือเรียกว่า แรงเทียน (candela เขียนย่อ cd)

$$1 \text{ cd} = 1 \text{ lm/sr}$$

ปริมาณแสงหรือฟลักซ์ส่องสว่าง (Luminous Flux) หมายถึงฟลักซ์การส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงในมุม solid angle ใดๆ แทนด้วยสัญลักษณ์ Φ มีหน่วยเป็น lumen หรือใช้อักษรย่อ lm.

ปริมาณแสง 1 ลูเมน หมายถึงปริมาณแสงที่เปล่งออกไปในมุม solid angle 1 Sr . ด้วย Point source ที่มีความเข้มแ่งการส่องสว่าง 1 candela

ความเข้มแ่งการส่องสว่าง (Luminous intensity) หมายถึงความหนาแน่นของปริมาณแสงภายในมุม solid angle ที่กำหนดให้ ความเข้มแสงจะชี้ให้เห็นถึงความสามารถของแหล่งกำเนิดแสงในการให้ค่าการส่องสว่างในทิศทางที่กำหนด แทนด้วยสัญลักษณ์ I หน่วยเป็น candela หรือใช้อักษรย่อ cd.

ความส่องสว่าง (illuminance) หมายถึงความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่าง (ปริมาณแสง) ที่ตกกระทบบนพื้นผิวใดๆ

ความสว่าง (luminance) หมายถึงปริมาณแสงที่สะท้อนออกมาจากวัตถุต่อพื้นที่ มีหน่วยเป็น แคนเดลาต่อตารางเมตร ในระบบ SI หรือเป็น foot - lambert (fl.) ในระบบอังกฤษ ปริมาณแสงที่เท่ากันเมื่อตกกระทบบนวัตถุที่มีสีต่างกัน จะมีปริมาณแสงสะท้อนกลับต่างกัน

นั่นคือ ลูมิแนนซ์ ต่างกัน สาเหตุที่ต่างกันก็เนื่องมาจากสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัสดุ ต่างกัน

ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (luminous efficacy) หมายถึงอัตราส่วนระหว่างฟลักซ์การส่องสว่าง (ปริมาณแสง) กับกำลังงานที่ทำให้เกิดฟลักซ์การส่องสว่าง มีหน่วยเป็น lumen / watt

2.2.2 Luminous intensity distribution curves

การกระจายแสงของดวงโคม เป็นข้อมูลว่าโคมไฟมีการกระจายแสงแบบใด ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาใช้หาประสิทธิภาพของโคมไฟโดยใช้อุปกรณ์วัดสว่าง ซึ่งมีรูปแบบการวัดดังนี้

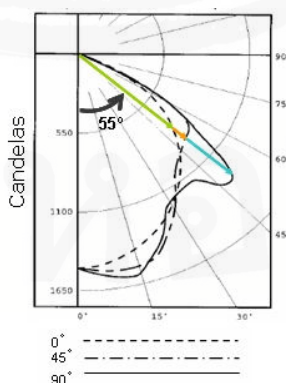
1. ใช้หัววัดหลายหัวติดตั้งอยู่กับที่ (Fix Multiple Cell)
2. ใช้หัววัดเดียวเคลื่อนที่ได้ (Moving Cell)
3. ใช้กระจกเงาเคลื่อนที่ (Moving Mirror)
4. ใช้อุปกรณ์ Goniometer จับยึดโคมไฟเพื่อปรับองศา

การวัดการกระจายความเข้มส่องสว่างจะใช้ Lux Meter วัดความสว่างแล้วแปลงกลับมาเป็นความเข้มส่องสว่าง โดยใช้กฎกำลังสองผกผัน $I = E \times d^2$ โดยระยะห่างที่ใช้ในการวัดต้องไม่น้อยกว่า 5 เท่าของขนาดที่โตสุดของส่วนที่ให้แสงของโคมเพื่อลดความผิดพลาด

เส้นโค้งโพลาร์ เป็นการแสดงข้อมูลการกระจายแสงจะใช้กราฟวงกลม โดยรัศมีแทนขนาดของมุม แกมมา และให้ความยาวรัศมีแทนค่าความเข้มส่องสว่างมีหน่วยเป็นแคนเดลา

รูปที่ 2.6

เส้นโค้งการกระจายแสง

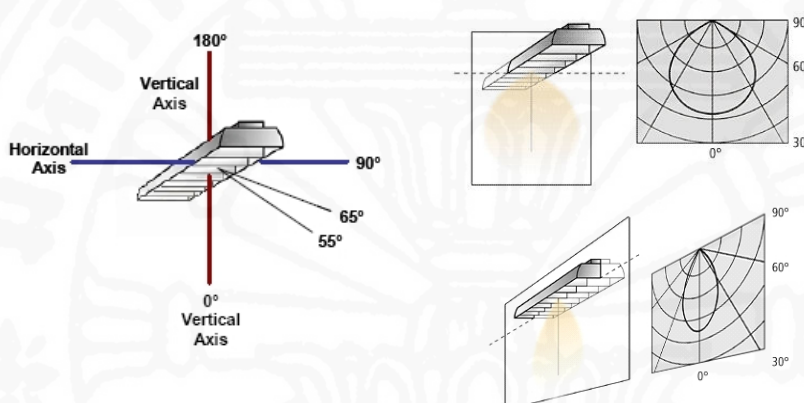


ที่มา <http://accept.la.asu.edu>

เส้นโค้งการกระจายแสง คือเส้นที่แสดงลักษณะการกระจายแสง สำหรับโคมไฟที่สมมาตรโดยปกติจะแสดงเพียงเส้นเดียว ส่วนหลอดฟลูออเรสเซนต์นั้น จะแสดงอย่างน้อย 2 เส้น ระบายที่ขนานกับหลอดและตั้งฉากกับหลอด

รูปที่ 2.7

ระนาบการกระจายแสง



ที่มา <http://accept.la.asu.edu>

ประสิทธิภาพของดวงโคม คืออัตราส่วนของฟลักซ์ที่ออกมาจากโคมไฟต่อฟลักซ์ส่องสว่างของหลอดไฟที่ออกมาจากโคมนั้นโดยหาได้จาก

ประสิทธิภาพดวงโคม = (ฟลักซ์ส่องสว่างจากดวงโคม / ฟลักซ์ส่องสว่างจากหลอดไฟ) x 100%
(ไชยะ แซ่มซ้าย , 2544 , น. 77)

2.2.3 การคำนวณค่าความส่องสว่างของ LED

LED จะระบุค่าความเข้มการสว่างมาเป็น LUMINOUS INTENSITY(mcd) ซึ่งต้องใช้องศาของลำแสงเข้ามาใช้ร่วมในการคำนวณ เพื่อเปลี่ยนเป็น lumen

$$\text{Lumens} = (\text{Candela} \times 2 \pi (1 - \cos (\alpha/2)))$$

Alpha = มุมของลำแสง

$$\text{Candela} = \text{Milicandela} / 1000$$

การหาค่าความสว่างของ LED ที่มี มุมลำแสง 45° และมี LUMINOUS INTENSITY 2500 mcd

$$\begin{aligned} \text{Lumens} &= (\text{Candelas} \times 2 \pi (1 - \cos (\alpha/2)) \\ &= 2.5 \times 2 \times 3.1416 \times (1 - \cos (45^\circ / 2)) \\ &= 15.707 \times (1 - \cos 22.5^\circ) \\ &= 1.1956 \end{aligned}$$

มีค่าความสว่าง 1.1956 lumen

เพื่อทำการเปรียบเทียบ กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ มี rated luminous flux 1000 lumen จำนวน LED ที่ต้องใช้เพื่อให้ได้ luminous flux 1000 lumen = $1000/3.8261$ หรือ 261 ดวง

2.2.4 การคำนวณค่าความต้านทานที่ใช้ต่อขานาน LED

การคำนวณค่าความต้านทานสำหรับอนุกรม

$$R_{\text{series}} = (V - V_f) / I_f$$

R_{series} เป็นค่าของตัวต้านทานหน่วยเป็น ohms

V แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟ

V_f แรงดันตกคร่อม LED

I_f เป็นกระแสของ LED

2.2.5 ภาคจ่ายไฟ (LED Power Supply)

การนำ LED มาใช้ในการให้แสงสว่างนั้นจำเป็นต้องหาแหล่งจ่ายไฟ DC ที่มีคุณสมบัติดังนี้

- สามารถควบคุมกระแสได้เพื่อป้องกันความเสียหาย เนื่องจากคุณสมบัติของ Led เมื่อแรงดันเพิ่มสูงขึ้น
- เล็กน้อยจะทำให้กระแสเพิ่มขึ้นอย่างมากทำให้ LED เสียหายได้
- สามารถจ่ายกระแสได้สูง เนื่องจากต้องใช้ LED จำนวนมากต่อขนานกันเพื่อให้มีแสงสว่างเพียงพอ
- มีขนาดเล็ก เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง โดยไม่ควรมีขนาดใหญ่กว่าบัลลาสต์ ของหลอดฟลูออเรสเซนต์มากนัก
- ต้องมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงาน มีการสูญเสียในรูปความร้อนและแม่เหล็กไฟฟ้าที่ต่ำ

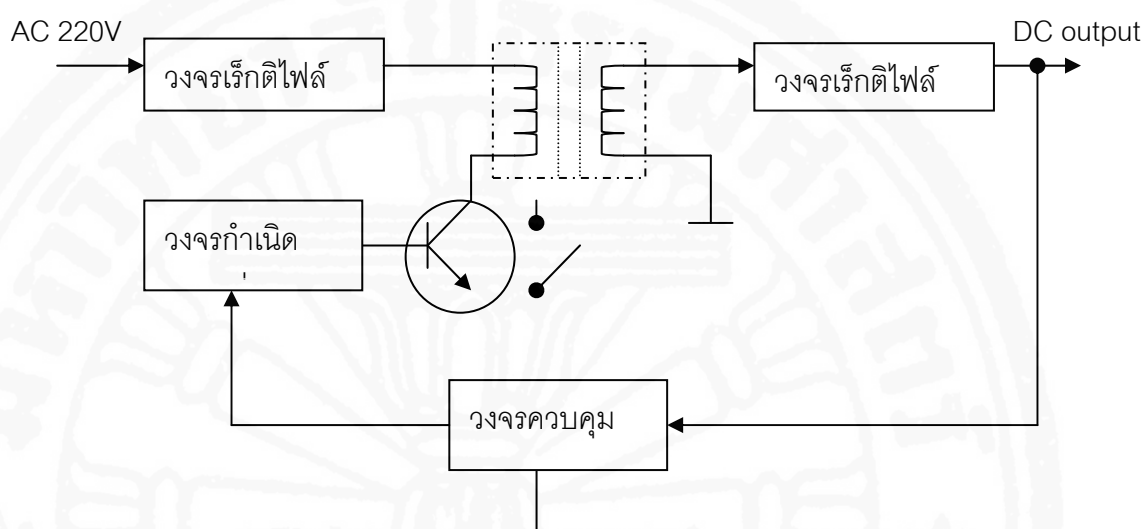
จากข้อกำหนดดังกล่าวจึงเลือกสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย เป็นแหล่งจ่ายไฟเนื่องจากมีข้อดีเมื่อเทียบกับแหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้นหลายประการคือ

- 1) มีประสิทธิภาพที่สูงกว่าแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้น เนื่องจากแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นใช้หม้อแปลงความถี่ต่ำจึงมีขนาดใหญ่ และน้ำหนักมาก ขณะใช้งานจะมีแรงดันและกระแสผ่านตัวหม้อแปลงตลอดเวลา กำลังงานสูญเสียที่เกิดจากหม้อแปลงจึงมีค่าสูง
- 2) การควบคุมแรงดันของแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นส่วนมากจะใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ต่ออนุกรมที่เอาต์พุตเพื่อจ่ายกระแสและคงค่าแรงดัน กำลังงานสูญเสียในรูปความร้อนจะมีค่าสูง และต้องใช้แผ่นระบายความร้อนขนาดใหญ่ซึ่งกินเนื้อที่
- 3) เมื่อเพาเวอร์ซัพพลายต้องจ่ายกำลังงานสูงๆ จะทำให้มีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก ปกติแหล่งจ่ายไฟเชิงเส้นจะมีประสิทธิภาพประมาณ 30% ซึ่งนับได้ว่าค่อนข้างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายซึ่งมีประสิทธิภาพในช่วง 65%-80%

อย่างไรก็ตาม สวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลายมีข้อเสียคือมี ความซับซ้อนของวงจรมากกว่าแหล่งจ่ายไฟแบบเชิงเส้น

รูปที่ 2.8

หลักการทำงานของสวิตชิงเพาเวอร์ซัพพลาย

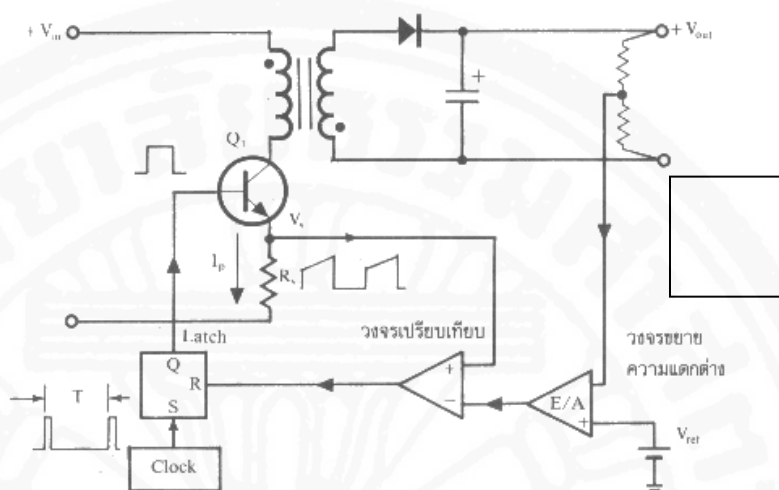
ที่มา <http://www.cpe.ku.ac.th>

การทำงานของวงจร เมื่อมีแรงดัน AC 220 V เมื่อผ่านวงจรเรกติไฟเออร์ ให้เป็นกระแสตรง จากนั้นจะเข้าสู่วงจรคอนเวอร์เตอร์ ที่ทำหน้าที่ตัดต่อไฟกระแสตรงแรงดันสูงออกเป็นช่วงๆ การตัดต่อจะถูกควบคุมโดยวงจรควบคุมความถี่ จากนั้นจะเข้าหม้อแปลงเพื่อลดแรงดันให้มีค่าต่ำลงอีกครั้ง และผ่านวงจรเรียงกระแสเพื่อให้ออกมาเป็นไฟตรงก่อนจ่ายให้โหลด

เนื่องจากคอนเวอร์เตอร์เกือบทุกแบบจะคงค่าแรงดันเอาต์พุตได้ด้วยการควบคุมช่วงเวลานำกระแส ของ เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ ดังนั้นวงจรควบคุมการทำงานของคอนเวอร์เตอร์โดยทั่วไปจึงมักนิยมใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชัน (Pulse Width Modulation - PWM) เป็นหลัก การใช้ PWM เพื่อควบคุมช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ในคอนเวอร์เตอร์สามารถทำได้สองลักษณะ คือ ควบคุมจากแรงดัน และ ควบคุมจากกระแส

การคงค่าแรงดันเอาต์พุตของคอนเวอร์เตอร์ ด้วยวงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแส (Current Mode Control) มีข้อดีหลายประการที่เหนือกว่าโหมดควบคุมจากแรงดัน จึงเป็นวงจรควบคุมที่นิยมใช้กันมาก วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแสยังคงใช้เทคนิคพัลส์วิดท์มอดูเลชัน

รูปที่ 2.9
วงจรควบคุมกระแส



ที่มา <http://www.cpe.ku.ac.th>

จากลักษณะการทำงานดังกล่าว ทำให้วงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากกระแสมีข้อดีมากกว่าวงจรควบคุมในโหมดควบคุมจากแรงดันดังนี้

- ตอบสนองการเปลี่ยนแปลงของแรงดันอินพุตได้รวดเร็วกว่า ทำให้ลดปัญหาการคงค่าแรงดันที่เอาต์พุตเมื่อเกิดทรานเซียนส์และการกระเพื่อมของแรงดันสูงที่แรงดันอินพุต เพราะไม่ต้องรอสัญญาณป้อนกลับจากเอาต์พุต
- สามารถป้องกันกระแสไหลเกินได้ ด้วยการจำกัดค่ากระแสสูงสุดที่ชดโพรมารีในลักษณะพัลส์ต่อพัลส์อย่างรวดเร็ว
- ให้ค่าไลน์เรกูเลชันที่ดีมาก
- โดยการจำกัดกระแสสูงสุดที่ชดโพรมารี ปัญหาการไม่สมมาตรฟลักซ์แม่เหล็กของฟุช-พูลคอนเวอร์เตอร์จะไม่เกิดขึ้น
- สามารถต่อขนานคอนเวอร์เตอร์หลายชุดเข้าด้วยกันได้ เพื่อให้จ่ายกระแสได้มากขึ้น และกระแสเฉลี่ยที่คอนเวอร์เตอร์แต่ละชุดจะมีค่าเท่ากัน

2.3 การตรวจวัดแสงสว่าง

เครื่องวัดแสง ประกอบด้วย Photoelectric Cell ทำจาก Selenium หรือ Silicon เป็นตัวรับแสงสว่างแล้วแปลงเป็นแรงดันไฟฟ้า หน่วยที่วัดได้มีค่าเป็น Lux

ข้อควรระวังในการวัดแสง ควรวัดแสงในบริเวณที่มีอุณหภูมิ 60-90 องศาฟาเรนไฮต์ และทำการ Stabilize เครื่องวัดแสงประมาณ 10-15 นาทีก่อนตรวจวัด ขณะตรวจวัดต้องระวังการเกิดเงาพาดทับเครื่องวัดแสงและหลอดไฟที่ทำการวัดต้องเปิดล่วงหน้าไม่ต่ำกว่าครึ่งชั่วโมง

2.4 ประเภทของหลอดไฟฟ้าที่นิยมใช้ในการให้แสงสว่างในอาคาร

2.4.1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

เป็นหลอดปล่อยประจุความดันต่ำ (Low Pressure Gas Discharge) ตัวหลอดเป็นทรงกระบอกมีทั้งแบบตรง และ ขดเป็นวง นิยมใช้ในอาคารพักอาศัย สำนักงาน ร้านค้า ตลอดจนห้างสรรพสินค้าต่างๆ เพราะให้แสงสว่างที่มีความเที่ยงตรงและมีประสิทธิภาพดีกว่าหลอดไส้

ประเภทของหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Start Lamp)
2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดทันที (Instant Start Lamp)
3. หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทติดเร็ว (Rapid Start Lamp)

หลอดฟลูออเรสเซนต์ประเภทอุ่นไส้ (Preheat Start Lamp) เป็นหลอดชนิดแคโทดร้อน (Hot Cathode) และใช้แพร่หลายมากที่สุด

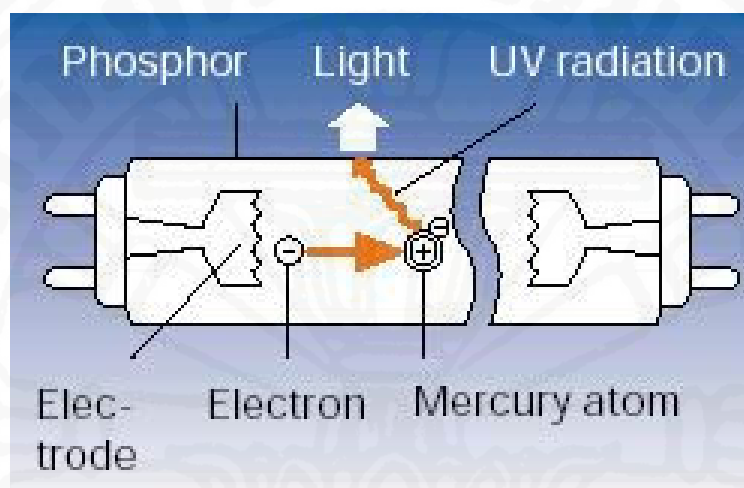
การทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดแคโทดร้อน (Hot Cathode)

ตัวสตาร์ทเตอร์ (Starter) จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมให้กระแสไฟฟ้าเพื่ออุ่น คาโทด ก่อนและเพื่อให้ปล่อยอิเล็กตรอนออกมา ซึ่งจะทำให้ก๊าซแตกตัวเป็นไอออนซึ่งจะใช้เวลา 2-3 วินาที ความต้านทานภายในหลอดจะลดต่ำลงทันที ทำให้กระแสไฟฟ้าแรงดันสูง (500 -1000 V.) จากบัลลาสต์

ไหลผ่านหลอดไปกระทบไอปรอทที่บรรจุภายใน และปล่อยรังสีอัลตราไวโอเล็ตออกมา และเมื่อไปกระทบสารฟอสเฟอร์ที่เคลือบที่ผิวจะสว่างเรืองขึ้น

รูปที่ 2.10

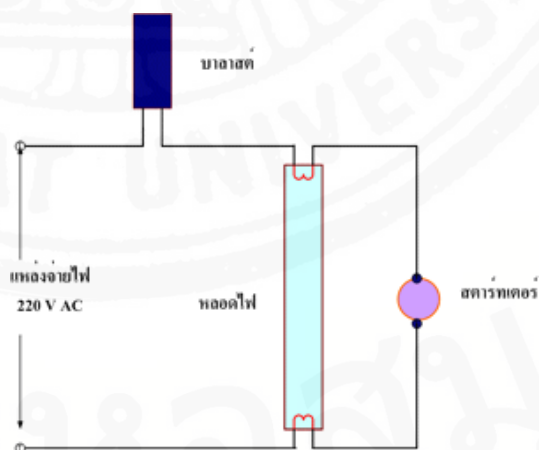
แสดงการทำงานของหลอดฟลูออเรสเซนต์



ที่มา <http://accept.la.asu.edu>

รูปที่ 2.11

แสดงวงจรของหลอด Fluorescent



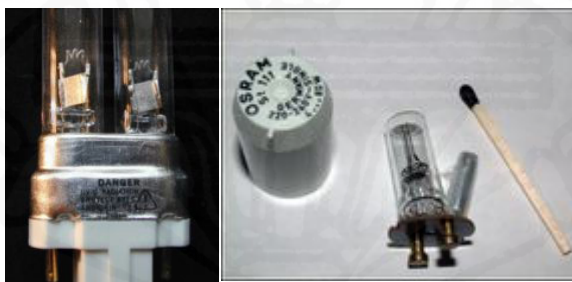
ที่มา <http://accept.la.asu.edu>

ส่วนประกอบของหลอดฟลูออเรสเซนต์

1. ตัวหลอดเป็นทรงกระบอกมีทั้งแบบตรง และ ขดเป็นวง ภายในบรรจุก๊าซเฉื่อยที่มีไอปรอท และเคลือบด้วยฟอสเฟอร์เป็นสารเรืองแสง
2. บัลลาสต์
3. สตาร์ทเตอร์

รูปที่ 2.12

แสดงภาพสตาร์ทเตอร์



ที่มา <http://en.wikipedia.org/>

2.4.2 หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์

หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอดขนาดเล็กที่ได้มีการพัฒนาขึ้น มาจากเทคโนโลยีของหลอดฟลูออเรสเซนต์ และได้มีการนำมาใช้แทนหลอดไส้ในงานส่องสว่างทั่วไป เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานเมื่อเทียบกับหลอดไส้ เพราะที่การส่องสว่างที่เท่ากัน หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์จะใช้พลังงานน้อยกว่า ประมาณ 4 เท่า เนื่องจากให้ค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างที่สูงกว่า และ หลอดก็มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ ประมาณ 3 – 12 เท่า

รูปที่ 2. 13

แสดงภาพชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์

ที่มา <http://www.866blilamps.com>

ประเภทของหลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์ (กิตติ สุขุมตันติ 11/43)

2.4.2.1 หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายใน

เป็นหลอดที่มีการออกแบบบัลลาสต์ให้มีลักษณะติดกับชุดหลอด โดยเลือกใช้อุปกรณ์ของบัลลาสต์ที่มีอายุการใช้งานใกล้เคียงกับอายุการใช้งานของหลอด หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์แกนเหล็กและ สตาร์ทเตอร์อยู่ภายใน มีลักษณะหัวหลอดเป็นเกลียวแบบ E27 ใช้เปลี่ยนแทนหลอดไส้ มีอายุการใช้งาน เช่น 8,000 ชม. การใช้งานเหมาะสำหรับการติดตั้งในโคมไฟที่มีช่องว่างอากาศมากพอ และ ติดตั้งในลักษณะหงายหลอดขึ้น เช่น โคมไฟรั้ว (หากติดตั้งแทนหลอดไส้ในโคมไฟส่องลงที่ไม่มีช่องระบายอากาศแล้ว จะเกิดปัญหาการระบายความร้อนไม่เพียงพอ ที่อาจทำให้การเปล่งแสงลดลงประมาณ 40 – 80 % จากการเปล่งแสงที่ลดลงตามอุณหภูมิแวดล้อมที่สูงขึ้น และ จากการบดบังช่องแสงจากน้ำยาเคลือบหลอดของบัลลาสต์ที่หยดมาบังช่องแสงได้ และ อายุการใช้งานลดลงต่ำกว่า 8,000 ชม.) โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 45 lm/W

2.4.2.2 หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

มีลักษณะเล็กกว่าแบบบัลลาสต์แกนเหล็ก มีน้ำหนักเบากว่า มีลักษณะขั้วหลอดแบบ E27 , E14 การใช้งานเหมาะสำหรับการติดตั้งในโคมไฟที่มีช่องว่างอากาศมากพอ มีขายหลายรุ่นที่มีอายุการใช้งานแตกต่างกัน เช่น รุ่นอายุการใช้งาน 3,000 ชม 5,000 ชม 8,000 ชม. 10,000 ชม. 12,000 ชม. โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 54 lm/W

2.4.2.3 หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์แบบมีบัลลาสต์ภายนอก

สามารถเปลี่ยนเฉพาะตัวหลอดได้ในกรณีหลอดเสีย โดยไม่ต้องเปลี่ยนบัลลาสต์ โดยทั่วไปมีค่าประสิทธิภาพการส่องสว่างไม่น้อยกว่า 40 - 45 lm/W

2.5 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของหลอดชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.2

คุณสมบัติของหลอดไฟชนิดต่างๆ

คุณสมบัติโดยประมาณของหลอดชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอดไฟ	ประสิทธิภาพของการส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์, lm/W)	อุณหภูมิสี (เคลวิน, K)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
1. หลอดอินแคนเดสเซนต์ # หลอดไส้ธรรมดา	15-12	2,500 - 2,700	1,000
2. หลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ # หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา			
- ชนิดตรง (T8)	45 - 80	2,700 - 6,500	8,000 - 10,000
- ชนิดกลม (T9)	60 - 70	2,700 - 6,500	5,000 - 8,000
# หลอดฟลูออเรสเซนต์ฟลักซ์การส่องสว่างสูง			
- ชนิดตรง (T8)	73 - 93	2,700 - 6,500	8,000 - 10,000
- ชนิดตรง (T5)	90 - 93	2,700 - 6,500	10,000 - 12,000
# หลอดคอมแพคต์ฟลูออเรสเซนต์			
- ชนิดมีบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ในตัว	40 - 65	2,700 - 6,500	7,500 - 10,000
- ชนิดมีบัลลาสต์แกนเหล็กในตัว	35 - 50	2,700 - 6,500	7,500 - 10,000
- ชนิดไม่มีบัลลาสต์ในตัว	40 - 80	2,700 - 6,500	7,500 - 10,000
# หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	100 - 180	2,000	22,000 - 24,000

ที่มา <http://accept.la.asu.edu>

2.6 การวิเคราะห์ผลความคุ้มค่าระหว่าง LED และ หลอด Fluorescent

ทำการวิเคราะห์โดยแบ่งปัจจัยที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายซึ่งมีสองปัจจัยคือ

1) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการจัดหามาใช้งาน รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบ เช่น บัลลาสต์ ภาควัยไฟเป็นต้น การคิดค่าใช้จ่ายจะคิดที่ 50,000 ชม. ซึ่งเป็นอายุของ LED เป็นหลัก ส่วน หลอด Fluorescent และอื่นๆจะใช้จำนวนหลอดที่ใช้ไปทั้งหมดที่ 50,000 ชม. และนำมาคิด ค่าใช้จ่าย

2) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้า คิดเป็นปริมาณการใช้และนำมาคิดค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้า 1 หน่วยหรือ 1 ยูนิต ซึ่งเป็นการใช้ไฟฟ้าขนาด 1000 วัตต์ที่ใช้งานในหนึ่งชั่วโมง

1 ยูนิต = (กำลังไฟฟ้า w. / 1,000) x จำนวนชั่วโมงที่ใช้งาน

จากนั้นนำมาคิดค่าไฟตามอัตราการคิดค่าไฟของการไฟฟ้า โดยคิดต่อเนื่อง 50,000 ชั่วโมง

ตารางที่ 2.3

ตารางการคิดค่าไฟฟ้า

ประเภท 1.1 การใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน	ประเภท 1.2 การใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน
5 หน่วย (หน่วยที่ 1-5) เป็นเงิน 0.00 บาท	150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 1-150) หน่วยละ 1.8047 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6-15) หน่วยละ 1.3576 บาท	250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400) หน่วยละ 2.7781 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16-25) หน่วยละ 1.5445 บาท	เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) หน่วยละ 2.9780 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26-35) หน่วยละ 1.7968 บาท	
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-100) หน่วยละ 2.1800 บาท	
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101-150) หน่วยละ 2.2734 บาท	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400) หน่วยละ 2.7781 บาท	
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป) หน่วยละ 2.9780 บาท	ค่าบริการรายเดือน เดือนละ 40.90 บาท
ค่าบริการรายเดือน เดือนละ 8.19 บาท	

ที่มา <http://www.mea.or.th>