

# จอภาพนาโน (Nanodisplay)

“นาโนเทคโนโลยีกำลังจะทำให้เทคโนโลยีแสดงผลในปัจจุบันกลายเป็นอดีตอย่างถาวร”

ผศ. ดร. ชีรเกียรติ์ เกิดเจริญ

ภาควิชาฟิสิกส์ และ ศูนย์นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

<http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/>

Version: November 2006 ©  
Copyright Mahidol University

PHILIPS

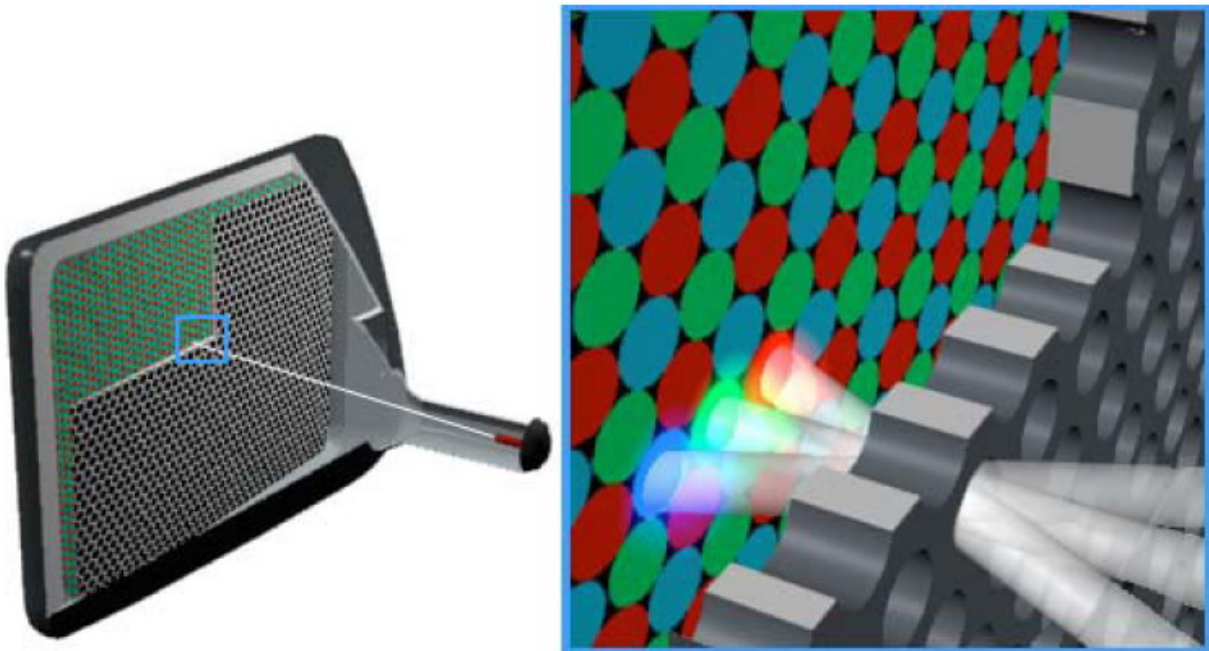
Existing OLED Display products and prototypes



ความเป็นมาของเทคโนโลยีจอแสดงผล (Display Technology) นั้นสามารถย้อนกลับไปในอดีตได้จนถึงปี ค.ศ. 1897 ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน Karl Ferdinand Braun เป็นผู้ประดิษฐ์หลอดรังสีคาโทด หรือ CRT (Cathode Ray Tubes) ต่อมาในปี ค.ศ. 1908 Campbell Swinton ได้เสนอให้มีการใช้หลอด CRT สำหรับการแสดงผลภาพ จนกระทั่งเมื่อถึงปี ค.ศ. 1936 จึงเริ่มมีการนำ CRT มาทำจอภาพโทรทัศน์เป็นครั้งแรก โดยใช้การสแกนแนวนอน 343 เส้น และสามารถผลิตภาพได้ 30 ภาพต่อวินาที เพียงพอในการหลอกสายตามนุษย์ให้เห็นภาพต่อเนื่องโดยไม่กระตุก หลักการของ CRT ซึ่งเป็นหลอดสุญญากาศนั้นทำงานโดยการยิงลำอิเล็กตรอนผ่านสนามแม่เหล็กซึ่งใช้ควบคุมทิศทางของลำอิเล็กตรอนให้สามารถไปทางซ้าย-ขวา ขึ้นบน-ลงล่าง โดยการควบคุมผ่านวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อลำอิเล็กตรอนไปตกกระทบกับวัสดุซึ่งสามารถเรืองแสงได้ สารเรืองแสงหรือ phosphor ได้แก่ ZnS:Ag (สีฟ้า) ZnS:Cu,Al (สีเขียว) Y2O2S:Eu (สีแดง) ก็จะเกิดเป็นจุดสว่างขึ้นมา ทั้งนี้เราสามารถผสมสีให้เกิดเป็นสีต่างๆ ด้วยการควบคุมจุดสว่าง สีแดง เขียว น้ำเงิน (RGB) ให้มีความสว่างแตกต่างกัน เช่น หากต้องการสีขาวที่จุดนั้นก็จะยิงอิเล็กตรอนไปตกกระทบจุดทั้งสามเท่าๆ กัน ในขณะที่หากต้องการสีเหลือง ก็สามารถทำได้โดยการยิงลำอิเล็กตรอนให้ไปตกกระทบจุดเรืองแสงสีแดง และ สีเขียว เป็นต้น

เทคโนโลยีของ CRT นิยมใช้กันมาเรื่อยๆ ทำให้มันเป็นเทคโนโลยีแสดงผลที่มีอายุเกินร้อยปีแล้ว แม้แต่ปัจจุบันโทรทัศน์ตามครัวเรือนส่วนใหญ่ก็ยังใช้เทคโนโลยี CRT อยู่ ในขณะที่จอภาพคอมพิวเตอร์เริ่มเปลี่ยนมาเป็นจอภาพแบบ LCD แล้ว และคาดกันว่าในอนาคตผู้ใช้คอมพิวเตอร์จะเลิกใช้จอภาพแบบ CRT ทั้งหมด ด้วย

เหตุผลต่างๆ คือ การประหยัดพื้นที่บนโต๊ะทำงาน และที่สำคัญคือสุขภาพตา แม้ว่าผู้ผลิตจอภาพ CRT จะพยายามพัฒนาเทคโนโลยีนี้ต่อ โดยต้องการให้มีความกว้าง x ยาว ขยายเพิ่มขึ้น ในขณะที่ต้องลดมิติของความหนาของจอซึ่งเป็นเรื่องที่ทำทายนมาก ในปี ค.ศ. 2005 บริษัท LG-Philips ประกาศว่าจะทำการผลิตจอภาพ CRT แบบใหม่ที่เรียกว่า SuperSlim ขนาด 29 และ 32 นิ้วให้ได้จำนวน 33.9 ล้านหน่วยในปี ค.ศ. 2007 และจะเพิ่มให้ถึง 67 ล้านหน่วยเมื่อถึงปี 2010 ผู้เขียนก็ยัง งงๆ อยู่เหมือนกันว่าเหตุใดอุตสาหกรรมรายใหญ่เข้านี้ ยังดิ้นรนกระเสือกกระสนสวนกระแสของเทคโนโลยีใหม่ อย่าง Plasma Display, LCD หรือแม้แต่ OLED ที่นับวันมีแต่จะมาแรงขึ้นทุกที

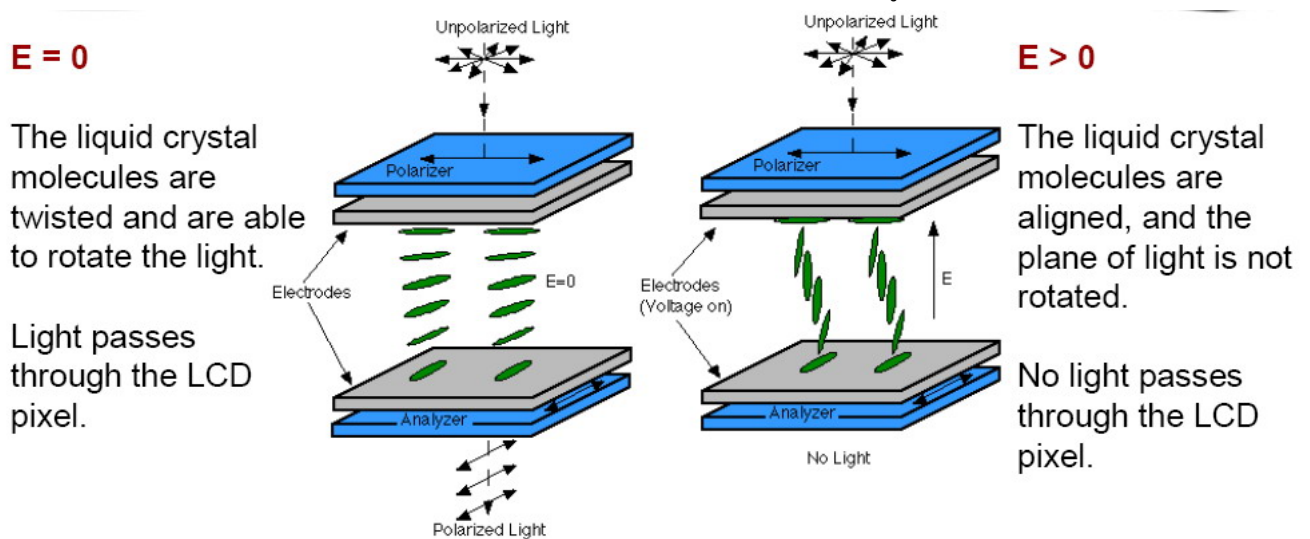


การทำงานของจอภาพ CRT (Picture by Amy Walker, Department of Chemistry, Washington University)

ก่อนจะไปพูดถึงเทคโนโลยี LCD มีเทคโนโลยีอีกประเภทหนึ่งที่ควรกล่าวถึง นั่นคือจอพลาสมา (Plasma Display) ซึ่งมาช่วยแก้ปัญหาของ CRT ซึ่งมีขีดจำกัดที่ไม่สามารถทำให้มีขนาดใหญ่ได้ (กว้าง x ยาว) เพราะกินไฟมากรวมทั้งมีปัญหาในด้านความละเอียดของภาพ จอพลาสมาทำงานโดยการแบ่งพื้นที่จอภาพออกเป็นเซลล์เล็กๆ แต่ละเซลล์บรรจุก๊าซ นีออน หรือ ซีนอน ซึ่งเป็นก๊าซเฉื่อย โดยที่ผนังข้างหนึ่งของเซลล์ นั้นมีสาร phosphor ที่สามารถเรืองแสงเคลือบอยู่ โดยสารเรืองแสงจะเป็นสี RGB สีใดสีหนึ่ง เมื่อต้องการจะให้เซลล์ใดเซลล์หนึ่งเรืองแสง ก็จะใส่สนามไฟฟ้าเข้าไปที่เซลล์นั้นๆ ทำให้ก๊าซข้างในถูกกระตุ้นไปอยู่ในสภาพพลาสมาเกิดการปล่อยแสงอุลตราไวโอเล็ต หรือ UV ออกมา ซึ่งเมื่อไปตกกระทบกับสารเรืองแสงที่เคลือบจะกระตุ้นให้สาร phosphor เรืองแสงขึ้นมา โดยแสงก็จะลอดผ่านกระจกหน้าออกมาสู่ตาของผู้ชม จอพลาสมาสามารถทำให้มีขนาดใหญ่และกินไฟน้อยกว่าจอ CRT ก็จริง แต่การสร้างเซลล์จำนวนมากบนพื้นที่ขนาดใหญ่ (เท่ากับจำนวนจุด

ที่ต้องการ เช่น 600x600 จะมีจำนวนเซลล์ถึง 360,000 เซลล์) ทำให้เกิดความซับซ้อน ราคาของจอภาพชนิดนี้มีราคาสูงและคงเป็นไปได้อย่างที่จะลดราคา ลงมาได้ดังที่จอ CRT และ LCD สามารถทำได้

LCD หรือ Liquid Crystal Display ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1963 ทำงานโดยอาศัยหลักการที่วัสดุประเภท Liquid Crystal นั้นมีคุณสมบัติพิเศษในการจัดเรียงตัวกันเป็นชั้นๆ โดยการจัดเรียงตัวนั้นสามารถเปลี่ยนได้เมื่อใช้สนามไฟฟ้า LCD ทำงานโดยการนำวัสดุ Liquid Crystal ซึ่งมีสมบัติในการบิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของแสงได้ มาบรรจุระหว่างผิวกระจกที่ด้านหนึ่งเคลือบวัสดุ Liquid Crystal ในแนวหนึ่ง ขณะที่จะเคลือบผิวกระจกฝั่งตรงข้ามด้วย Liquid Crystal ให้โมเลกุลจัดเรียงตัวไปในแนวตั้งฉาก เจ้า Liquid Crystal ที่บรรจุอยู่ระหว่างผิวกระจกทั้งสองก็จะพยายามจัดเรียงตัวให้สอดคล้องกับผิวกระจกทั้งสองด้าน โดยมันจะจัดเรียงตัวเป็นชั้นๆ ให้แต่ละชั้นค่อยๆ บิดไปจนชั้นสุดท้ายสามารถจัดตัวให้เข้ากับผิวกระจกได้พอดี ลองจินตนาการว่าให้เราเอาคน 20 คนมาเข้าแถวตอนเรียงหนึ่ง โดยหยิบมา 2 คนก่อนคือหัวแถวกับท้ายแถว กำหนดให้หัวแถวห่างจากท้ายแถว 10 เมตร ให้หัวแถวหันไปทิศเหนือ แต่ท้ายแถวหันไปทิศตะวันออก จากนั้นปล่อยให้อีก 18 คนมาเข้าแถวให้ได้ คนที่เหลือทั้ง 18 คนก็ต้องพยายามที่จะทำยังไงให้มันเป็นแถวให้ได้ ก็จะออกมาเป็นรูปตัว S ครึ่งตัว

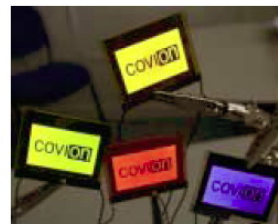
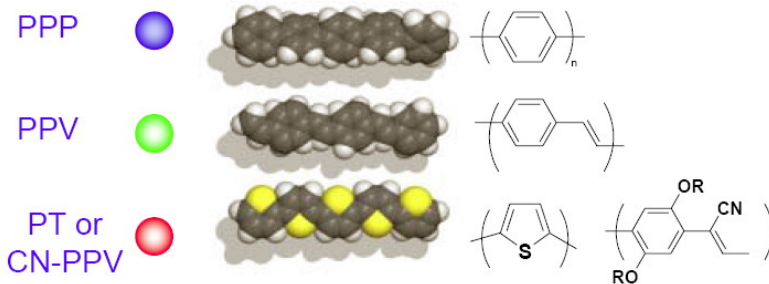
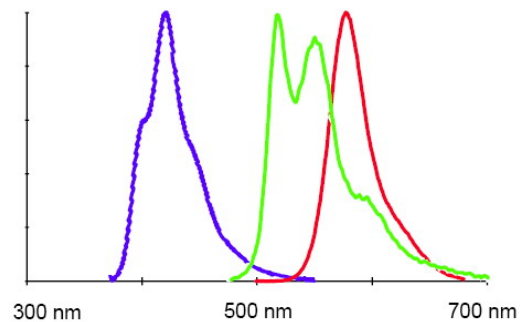


การทำงานของจอภาพ LCD (Picture by Amy Walker, Department of Chemistry, Washington University)

ย้อนกลับมายัง LCD ที่บรรจุอยู่ในแผ่นกระจก 2 แผ่นดังกล่าวข้างต้น หากนำ Polarized Filter มาวางซ้อน จะทำให้แสงที่วิ่งเข้าไปในวัสดุ Liquid Crystal ค่อยๆ ปรับมุมโพลาไรซ์ จนออกไปด้านตรงข้ามได้ เราจึงเห็นความใสของมัน แต่หากป้อนสนามไฟฟ้าเข้าไประหว่างผิวกระจก 2 ข้าง โมเลกุล Liquid Crystal จะจัดเรียงตัวตามสนามไฟฟ้า ไม่จัดเรียงตัวตาม pattern ของผิวกระจกอีกต่อไป เลยทำให้แสงส่องผ่านออกมาไม่ได้ ผู้อ่านจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยี LCD ไม่ได้ผลิตแสงหรือเรืองแสง Phosphorescence ออกมาซึ่งต่างจากเทคโนโลยี CRT และ Plasma Display แต่อาศัยแสงที่เราเรียกว่าแสงจากหลัง หรือ Backlight เพื่อให้เราเห็นภาพ อีกทั้งแสงที่

ออกมาที่เป็นแสง Polarized Light ซึ่งมีระนาบเดียวกัน ทำให้ผู้ใช้รู้สึกสบายตามาก และไม่เกิดการปวดตาเมื่อใช้นานๆ

แต่ LCD ก็ยังมีข้อเสียเปรียบ นั่นคือ มันค่อนข้างไวกับอุณหภูมิ (ลองทิ้งคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊คไว้ในรถยนต์แล้วเอาไปจอดตากแดดสักเต็มวัน ท่านอาจจะเปิดออกมาแล้วพบว่าจอภาพเป็นลายต่างๆ) แม้ว่า LCD จะกินไฟน้อยกว่า CRT มากแต่มันคงยังเป็นอุปกรณ์ที่กินไฟที่สุดเมื่อไปอยู่ในอุปกรณ์มือถือ หรือ อุปกรณ์เคลื่อนที่ต่างๆ เช่น โทรศัพท์มือถือ พ็อกเก็ตพีซี เครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ค เป็นต้น รวมทั้งมุมมองสำหรับการเห็นภาพค่อนข้างแคบ และที่สำคัญที่สุดที่จะทำให้มันถูกแทนที่ด้วยเทคโนโลยีตัวต่อไปก็คือ มันทำเป็นจออ่อนไม่ได้ (Flexible Display)

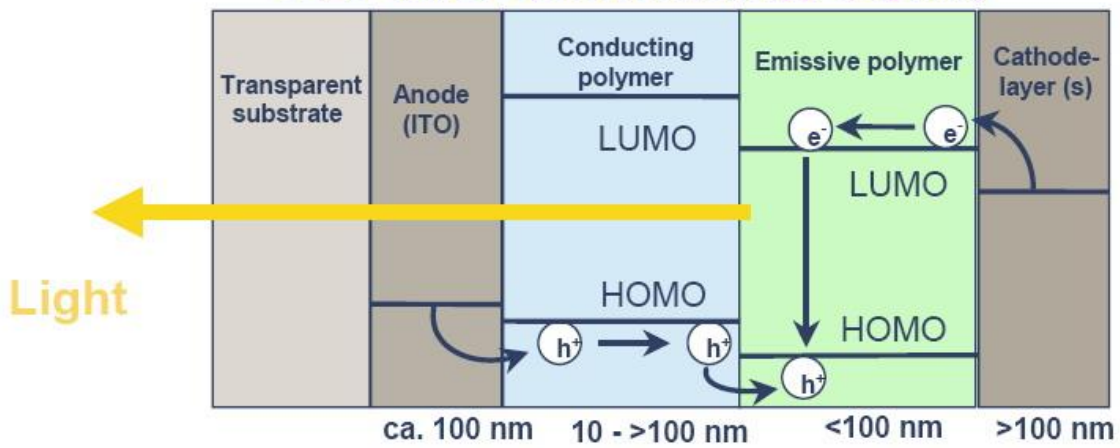


วัสดุเปล่งแสงของ OLED เป็นโมเลกุลอินทรีย์ (Picture by OSRAM)

OLED (Organic Light Emitting Devices) เป็นอุปกรณ์ที่มีหลักการง่ายๆ กล่าวคือเมื่อนำวัสดุที่มีสมบัติเป็นสารเปล่งแสง (Emissive Materials) ซึ่งเป็น โมเลกุลอินทรีย์ (Organic Materials) มาวางไว้ระหว่างขั้วไฟฟ้าบวกและลบ วัสดุเปล่งแสงนี้มีสมบัติเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีชั้นของพลังงาน 2 ชนิด ได้แก่ชั้นพลังงานที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่เต็ม กับชั้นพลังงานว่างเปล่าที่ไม่มีอิเล็กตรอนบรรจุ ชั้นพลังงาน 2 ชนิดนี้มีลักษณะที่ไม่เชื่อมต่อกันโดยชั้นพลังงานที่ว่างเปล่าจะอยู่สูงกว่าชั้นพลังงานที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่ ด้วยช่องว่างของพลังงาน (Energy Gap) ซึ่งมีขนาดที่พอเหมาะ ประจุบวกหรือโฮล (Hole) สามารถวิ่งจากขั้วไฟฟ้าบวกเข้าไปในชั้นพลังงานที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่ได้ (การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนออกจากชั้นพลังงานนี้ไปสู่ขั้วไฟฟ้าบวก ก็

เปรียบเสมือนกับการเคลื่อนที่เข้ามาของประจุบวกหรือโฮล) ในขณะที่ประจุลบหรืออิเล็กตรอน (electron) จะชอบวิ่งจากขั้วลบเข้าไปยังชั้นพลังงานที่ว่างเปล่านี้ เมื่อผ่านสนามไฟฟ้าเข้าไปที่ขั้วไฟฟ้าทั้งสอง อิเล็กตรอนจากขั้วลบจะวิ่งไปที่ชั้นพลังงานที่ว่างเปล่า ในขณะที่โฮลจะวิ่งจากขั้วบวกเข้าไปยังชั้นพลังงานที่มีอิเล็กตรอนบรรจุอยู่ จากนั้นประจุลบจะวิ่งลงมาพบกับประจุบวก แล้วรวมตัวกันเกิดเป็นอนุภาคโฟตอนหรือแสงนั่นเอง โดยพลังงานของอนุภาคโฟตอนนั้นจะมีค่าเท่ากับ Energy Gap ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดสีของแสงที่เปล่งออกมา เช่น สีแดง ซึ่งมีพลังงานต่ำกว่า สีฟ้า เป็นต้น สีของแสงที่เปล่งออกมาขึ้นอยู่กับ Energy Gap ซึ่งก็จะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัสดุเปล่งแสงอีกที

### OLED device operation (energy diagram)

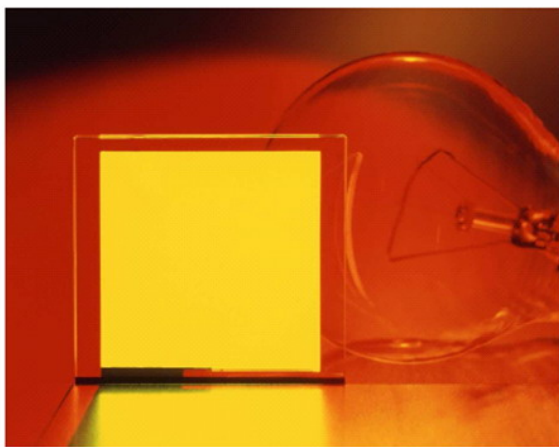


หลักการการทำงานของจอภาพ OLED (Picture by OSRAM AG)

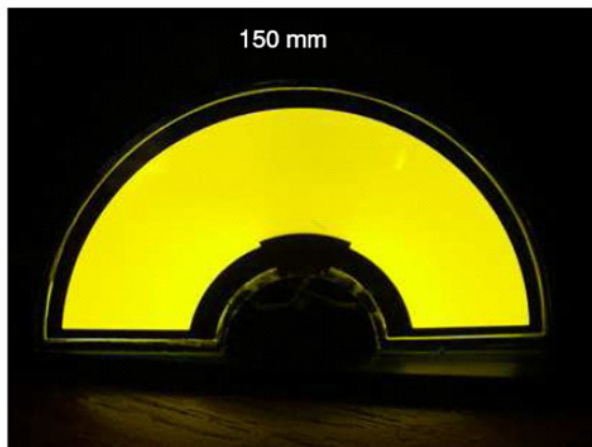
ข้อดีของ OLED ประการหนึ่งจากหลายๆประการก็คือ เราสามารถออกแบบ Energy Gap หรือสีที่เปล่งออกมาได้โดยการทำวิศวกรรมโมเลกุล เช่น พอลิเมอร์ที่เป็นวัสดุเปล่งแสงสีเหลืองที่ชื่อว่า PPV (Poly paraphenylenevinylene) นั้นหากนำมาทำวิศวกรรมโมเลกุลโดยการใส่หมู่แทนที่ด้านข้างเข้าไปเกิดเป็น MEH-PPV ซึ่งมี Energy Gap ที่ลดลงทำให้สีเปลี่ยนมาเป็นส้ม-แดง งานวิจัยพัฒนาด้านวิศวกรรมโมเลกุลนี้ในประเทศไทยทำงานมากที่ ศูนย์นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ในขณะทำงานทางด้านสังเคราะห์พอลิเมอร์เปล่งแสงนี้ มีหลายกลุ่มในประเทศไทย ได้แก่ ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (ดร. สมบุญ สหสิทธิ์วัฒน์), ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ดร.อุดม อัสวาภิรมย์), ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี (ดร. วินิช พรหมอารักษ์), ภาควิชาเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ดร. วรธรรม พันธุมนาวิน) ส่วนการประกอบอุปกรณ์ OLED ในประเทศไทยนั้น ดร. สมบุญ สหสิทธิ์วัฒน์ แห่ง MTEC, ดร. จิตติหนูแก้ว แห่ง สถาบันเทคโนโลยีเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และ ดร. ชนากร โอสดจันทร์ (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล) เป็นผู้นำในศาสตร์ด้านนี้

OLED อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ขึ้นอยู่กับวัสดุเปล่งแสง ได้แก่

- (1) วัสดุเปล่งแสงนำหน้าโมเลกุลต่ำ ถูกคิดค้นขึ้นในปี ค.ศ. 1987 โดยนักวิทยาศาสตร์ของบริษัทโกดัก ด้วยความบังเอิญระหว่างที่กำลังทำการพัฒนาเซลล์สุริยะอินทรีย์ โดยพวกเขาสังเกตเห็นแสงสีเขียวที่เปล่งออกมาจากรอยต่อระหว่างวัสดุ 2 ชนิดที่ชนิดหนึ่งเป็นตัวนำที่ดีของโฮลในขณะที่อีกชนิดหนึ่งเป็นตัวนำที่ดีของอิเล็กตรอน การเตรียม OLED ชนิดนี้นิยมทำด้วยการระเหยในสุญญากาศ (Vapor Deposition)
- (2) วัสดุเปล่งแสงนำหน้าโมเลกุลสูง หรือ พอลิเมอร์ คิดค้นขึ้นครั้งแรกในปี ค.ศ. 1990 ที่มหาวิทยาลัยแคมบริดจ์ โดยการใช้พอลิเมอร์นำไฟฟ้าเป็นวัสดุเปล่งแสง ซึ่งมีข้อดีคือ พอลิเมอร์ที่ใช้มีความสามารถในการนำไฟฟ้าได้ดีกว่าพวกโมเลกุลนำหน้าต่ำ ทำให้สามารถใช้ศักย์ไฟฟ้าไม่ต้องสูงมาก (เช่น 2-5 โวลต์) อีกทั้งมีประสิทธิภาพในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงที่ดีกว่า ที่สำคัญการเตรียมอุปกรณ์สามารถทำได้ในสถานะเปียก กล่าวคือทำการละลายพอลิเมอร์ในสารละลายแล้วนำไปทำการเคลือบปั่นให้เป็นแผ่นฟิล์มบาง ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวสามารถทำได้ในห้องปฏิบัติการเคมีเท่านั้น ไม่ต้องการห้องสะอาด (Clean Room) ที่มีราคาแพงของอุตสาหกรรมเซมิคอนดักเตอร์



Courtesy : Merck



Courtesy : Merck

พวกเราอาจจะเป็นคนรุ่นสุดท้ายที่เรียก “แผ่นไฟ” ว่า “หลอดไฟ” (Picture by Merck AG)

OLED เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานโดยอาศัยสมบัติทางนาโน กล่าวคือ วัสดุอินทรีย์เปล่งแสงที่นำมาประกอบอุปกรณ์นั้นเป็นฟิล์มที่บางมาก มีความหนาเพียง 100-150 นาโนเมตร ซึ่งบางกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของเส้นผมด้วยซ้ำ ขั้วไฟฟ้าที่นำมาประกอบก็สามารถทำให้บางได้ในระดับใกล้เคียงกัน ดังนั้น OLED จึงความหนาได้น้อยกว่ากระดาษเสียด้วยซ้ำ ด้วยความที่วัสดุเปล่งแสงเป็นสารอินทรีย์เราจึงสามารถประกอบอุปกรณ์ OLED บนวัสดุที่พับงอได้ เกิดเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เรียกว่าจอภาพแบบยืดหยุ่น (Flexible Display) การทำงานของวัสดุเปล่งแสง

อินทรีก็อาศัยสมบัติระดับโมเลกุลโดยที่โครงสร้างเชิงอิเล็กทรอนิกส์สามารถดัดแปลงหรือจูน (Tune) โดยการทำวิศวกรรมโมเลกุล เช่น การใส่กิ่งก้านสาขาให้แก่โมเลกุล การดัดแปลงหมู่แทนที่ เปลี่ยนชนิดของอะตอมในโมเลกุล แล้วไปมีผลทำให้โครงสร้างเชิงอิเล็กทรอนิกส์เปลี่ยนไปได้

ผู้เขียนขอสรุปข้อได้เปรียบต่างๆ ที่เทคโนโลยี OLED มีเหนือเทคโนโลยีแสดงผลแบบเดิม ดังนี้

- ในเรื่องของขนาด OLED ทำงานบนพื้นฐานของฟิล์มบางขนาดนาโน ทำให้มีทิศทางด้านความลึกสามารถลดขนาดลงไปจนบางกว่าเส้นผม ในขณะที่จอ CRT ยังคงต้องการพื้นที่ด้านหลังที่เพิ่มขึ้นตามขนาดของจอ ส่วนจอ Plasma นั้นไม่สามารถทำให้บางได้ เนื่องจากต้องมีช่องบรรจุก๊าซเฉื่อยเพื่อสร้างพลาสมา
- OLED อาศัยการเปล่งแสงจากตัววัสดุโดยตรง ต่างจากเทคโนโลยีแบบอื่น CRT อาศัยการเรืองแสงจากลำอิเล็กตรอนที่วิ่งมาตกกระทบที่จอภาพที่เคลือบสารเรืองแสง ส่วนจอ Plasma อาศัยการเรืองแสงของสารเคลือบจากการตกกระทบของแสง UV ที่เกิดขึ้นจากพลาสมา ในขณะที่ LCD นั้นต้องใช้แสงจากฉากหลัง ดังนั้นในแง่ประสิทธิภาพในการใช้พลังงานแล้ว OLED กับ LCD เป็นเทคโนโลยีที่ดีที่สุด แต่ LCD ก็มีปัญหาในเรื่องความคมชัดที่สู้ OLED ไม่ได้เพราะยังต้องการแสงจากฉากหลัง โดยเราสามารถใส่แผ่นฟิล์ม OLED เพื่อผลิตแสงจากหลังได้ด้วย
- เทคโนโลยี OLED ไม่มีปัญหาเรื่องมุมมองของภาพเหมือนเทคโนโลยี LCD กล่าวคือสามารถมองเห็นได้เกือบ 180 องศา
- เทคโนโลยี OLED สามารถทำเป็นอุปกรณ์ที่โค้งงอได้ คุณสมบัตินี้เป็นสิ่งพิเศษที่พระเจ้าทรงมอบให้แก่เทคโนโลยีนี้ เพราะจะทำให้เราสามารถนำมันไปทำจอแสดงผลแบบยืดหยุ่น กระดาษอิเล็กทรอนิกส์ วอลล์เปเปอร์ติดผนังห้องเพื่อให้แสงแบบสภาพธรรมชาติ (Ambient Light) ซึ่งเทคโนโลยีแสดงผลแบบอื่นๆ ทำไม่ได้
- เทคโนโลยี OLED สามารถเตรียมได้ด้วยวิธีการที่ถูกลงกว่า โดยมีเทคโนโลยีการประกอบฟิล์มให้เลือกได้หลากหลาย เช่น การพิมพ์แบบอิงค์เจ็ท การปั่นเคลือบ การพิมพ์แบบสกรีน เป็นต้น
- ในเรื่องของน้ำหนัก เนื่องจาก OLED ประกอบจากฟิล์มบางนาโนทำให้มันเบามากๆ จึงมีทางเลือกนำไปทำผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายมาก โดยเฉพาะทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่สวมใส่ได้ (Wearable Electronics)
- เทคโนโลยี LCD มีปัญหาในเรื่องของอุณหภูมิที่หากสูงเกินไป อาจทำให้ Liquid Crystal เปลี่ยนรูปซึ่ง OLED จะเข้ามาแก้ปัญหานี้ได้



สภาพเปล่งแสงธรรมชาติ (Ambient Lighting) ที่สามารถผลิตโดย OLED (Picture by Philips)

เทคโนโลยี OLED กำลังก้าวเข้ามาแทนที่เทคโนโลยีแสดงผลแบบเดิม การเกิดขึ้นของมันไปมีผลทำให้เทคโนโลยีอื่นๆที่กำลังมาแรงอย่าง Flexible Display, Wearable Electronics, Ambient Lighting ขยับความก้าวหน้าขึ้นไปอีก ท่ามกลางสถานะของการขาดแคลนพลังงาน การใช้แสงสว่างอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยให้ค่าไฟฟ้าถูกลงด้วย ดังนั้นจึงเป็นที่คาดการณ์กันว่าหลอดไฟที่ให้แสงสว่างในยุคต่อไปน่าจะทำจาก OLED ในอนาคตเราอาจจะเรียกมันว่า “แผ่นไฟ” (Flat Lamp) ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว ไฟฟ้าทั้งหมดที่ผลิตได้นั้น จะมีการนำไปใช้สำหรับส่องสว่างมากถึง 20% หากเราเพิ่มประสิทธิภาพแก่หลอดไฟที่ใช้กันอยู่ โดยการแทนที่ด้วย OLED ก็อาจทำให้เราประหยัดลงไปถึง 50% ของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่าง ซึ่งลองคิดดูว่า 10% ของค่าไฟฟ้าทั้งประเทศเป็นจำนวนเท่าไร

เป็นที่แน่นอนว่าอีกไม่นาน อุตสาหกรรมการผลิตและใช้งาน OLED จะเติบโตอย่างก้าวกระโดด และเมื่อวันนั้นมาถึง นาโนเทคโนโลยีจะกลายเป็นสิ่งใกล้ตัวที่อยู่กับคุณตั้งแต่ห้องนอนจนถึงที่ทำงาน .....

#### ขอขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์ปฏิบัติการวิจัยเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนแห่งชาติ จ. นครราชสีมา

หนังสืออิเล็กทรอนิกส์	
ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(	ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน)
ฟิสิกส์ 2	กลศาสตร์เวกเตอร์
โลหะวิทยาฟิสิกส์	เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1
ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(	แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C
ฟิสิกส์พิศวง	สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต
ทดสอบออนไลน์	วิดีโอการเรียนการสอน
หน้าแรกในอดีต	แผ่นใสการเรียนการสอน
เอกสารการสอน PDF	กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์
แบบฝึกหัดออนไลน์	สุดยอดสิ่งประดิษฐ์
การทดลองเสมือน	
บทความพิเศษ	ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng)
พจนานุกรมฟิสิกส์	ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์
ธรรมชาติมหัศจรรย์	สูตรพื้นฐานฟิสิกส์
การทดลองมหัศจรรย์	ดาราศาสตร์ราชมงคล
แบบฝึกหัดกลาง	
แบบฝึกหัดโลหะวิทยา	แบบทดสอบ
ความรู้รอบตัวทั่วไป	อะไรเอ่ย ?
ทดสอบ)เกมเศรษฐี(	คติปริศนา
ข้อสอบเอนทรานซ์	เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์
คำศัพท์ประจำสัปดาห์	
ความรู้รอบตัว	
การประดิษฐ์ของโลก	ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์
นักวิทยาศาสตร์เทศ	นักวิทยาศาสตร์ไทย
ดาราศาสตร์พิศวง	การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์
การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ	

 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1</b> <span style="float: right;"></span>	
1. การวัด	2. เวกเตอร์
3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ	4. การเคลื่อนที่บนระนาบ
5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน
7. งานและพลังงาน	8. การดลและโมเมนตัม
9. การหมุน	10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง
11. การเคลื่อนที่แบบคาบ	12. ความยืดหยุ่น
13. กลศาสตร์ของไหล	14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน
15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก	16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร
17. คลื่น	18. การสั่น และคลื่นเสียง
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2</b> <span style="float: right;"></span>	
1. ไฟฟ้าสถิต	2. สนามไฟฟ้า
3. ความกว้างของสายฟ้า	4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน
5. ศักย์ไฟฟ้า	6. กระแสไฟฟ้า
7. สนามแม่เหล็ก	8. การเหนี่ยวนำ
9. ไฟฟ้ากระแสสลับ	10. ทรานซิสเตอร์
11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ	12. แสงและการมองเห็น
13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	14. กลศาสตร์ควอนตัม
15. โครงสร้างของอะตอม	16. นิวเคลียร์
 <b>การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป</b> <span style="float: right;"></span>	
1. จลศาสตร์ (kinematic)	2. จลพลศาสตร์ (kinetics)
3. งานและโมเมนตัม	4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง
5. ของไหลกับความร้อน	6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า
7. แม่เหล็กไฟฟ้า	8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง
9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์	

