การประดิษฐ์และศึกษาสมบัติพื้นฐานของดิสเพลย์ชนิดอิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์จากฟิล์มบางสังกะสีซัลไฟด์

นายวิโรจน์ บุญโกสุมภ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2535

ISBN 974-581-688-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018490

FABRICATION AND STUDY OF BASIC PROPERTIES OF ELECTROLUMINESCENT DISPLAY MADE OF THIN FILM ZINC SULFIDE

MR. WIROTE BOONKOSUM

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-581-688-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประดิษฐ์และศึกษาสมบัติพื้นฐานของดิสเพลย์ชนิดอิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์จากฟิล์มบางสังกะสีซัลไฟด์
โดย	นาย วิโรจน์ บุญโกสุมภ์
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดุสิต เครืองาม

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ดุสิต เครืองาม)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชุมพล อันตรเสน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

วิโรจน์ บุญโกสุมภ์ : การประดิษฐ์และศึกษาสมบัติพื้นฐานของดิสเพลย์ชนิดอิเล็กโทรลูมิเนส-เซนต์ จากฟิล์มบางสังกะสีซัลไซด์ (FABRICATION AND STUDY OF BASIC PROPERTIES OF ELECTROLUMINESCENT DISPLAY MADE OF THIN FILM ZINC SULFIDE) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ดุสิต เครืองาม, 98 หน้า. ISBN 974-581-688-4

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้มีการศึกษาการประดิษฐ์ฟิล์มบางสังกะสีซัลไฟด์ (ZnS) ด้วยวิธี Electron Beam Evaporation (EB) และประยุกต์ผลิต ZnS เป็นดิสเพลย์แบบแบนชนิด อิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์ (EL) ได้สำเร็จ โดยมีโครงสร้างประกอบด้วย glass/ITO/Y_2O_3/ZnS/Y_2O_3/Al สิ่งประดิษฐ์ EL เปล่งแสงได้ด้วยการป้อนสนามไฟฟ้ากระแสสลับผ่านขั้ว ITO และ Al สีของแสงที่ EL เปล่งออกมาสามารถควบคุมได้ โดยการเลือกชนิดของสารเจือปนที่โด๊ปใน ZnS เช่น สีแดงโด๊ปด้วย SmF_3 สีเหลืองโด๊ปด้วย Mn สีเขียว โด๊ปด้วย TbF_3 และ สีน้ำเงิน โด๊ปด้วย TmF_3 การศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานของ EL ทำได้โดยการวัดสเปกตรัมการเปล่งแสง ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างกับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนและการตอบสนองกับเวลาของการเปล่งแสง

ในการประยุกต์ใช้งานดิสเพลย์แบบแบนชนิด EL นี้ ได้ประสบความสำเร็จในการทดลองผลิต EL ให้มีรูป pattern ต่าง ๆ ดิสเพลย์ EL มีข้อดีเหนือกว่า CRT ทั่วไป เช่น ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำกว่า มีน้ำหนักเบา ไม่ต้องใช้หลอดสุญญากาศ และผลิตเป็นดิสเพลย์แบบแบนได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C217040 : MAJOR ELECTRICAL ENGINEERING
KEY WORD : DISPLAY/ELECTROLUMINESCENCE/THIN FILM/ZINC SULFIDE/ELECTRON BEAM/EL

WIROTE BOONKOSUM : FABRICATION AND STUDY OF BASIC PROPERTIES OF ELECTROLUMINESCENT DISPLAY MADE OF THIN FILM ZINC SULFIDE.
THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DUSIT KRUANGAM, Dr. Eng. 98 pp.
ISBN 974-581-688-4

A study has been done on the fabrication technology of zinc sulfide (ZnS) thin film and its application to electroluminescence flat panel display (EL). The EL has a structure of glass / ITO / Y_2O_3 / ZnS / Y_2O_3 / Al. The EL emits light when an AC bias electric field is applied through ITO and Al electrodes. The emission color from the EL can be changed by varying the impurity doped in ZnS, i.e., red : doped with SmF_3; yellow : doped with Mn; green : doped with TbF_3; and blue : doped with TmF_3. The luminescence properties of the EL have been investigated through the emission spectrum, the relation between the brightness and the applied voltage and time resolution of the emission.

For the application of EL to a flat panel display, EL's having various emission patterns were fabricated. The EL device has various advantages over conventional CRT display, e.g., lower voltage, light weight and flatness.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2534 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำที่ ห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Device Research Laboratory : SDRL) ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ด้วยความช่วยเหลือทั้งในด้านวิชาการ และ ด้านการปฏิบัติการ จาก ผศ.ดร. ดุสิต เครืองาม ซึ่งเป็นอาจารย์ปริกษาวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณคณาจารย์ประจำห้องปฏิบัติการวิจัยสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ (SDRL) ซึ่งได้แก่ ศ.ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว รศ.ดร.มนตรี สวัสดิ์ศฤงฆาร รศ.ดร.บรรยง โตประเสริฐพงศ์ ผศ.ดร.ชุมพล อันตรเสน ผศ.ดร.เกรียงศักดิ์ เฉลิมติระกูล ผศ.ดร.ธารา ชลปราณี และ อ.ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์ ได้ให้คำแนะนำที่มีค่าและกำลังใจในการทำงานแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ซึ่งได้แก่ ศ.ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว ผศ.ดร.ชุมพล อันตรเสน ผศ.ดร.ดุสิต เครืองาม และ อ.ดร.มานะ ศรียุทธศักดิ์ ที่ได้ให้คำแนะนำความคิดเห็น คำวิจารณ์ต่าง ๆ ที่มีค่ายิ่ง

นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณวุฒิพร ไชยพยอม หัวหน้าศูนย์ซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และ พ.จ.อ. สนอง ศุภธรรมกิจ ผู้ช่วยหัวหน้าศูนย์ซ่อมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย ที่ให้โอกาสผู้วิจัยลาราชการมาศึกษาต่อและให้กำลังใจตลอดมา ขอขอบคุณ คุณศุภโชค ไทยน้อย คุณบัณฑิตา รัฐวิเศษ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือด้านเทคนิคต่าง ๆ ขอขอบคุณ คุณสมชัย รัตนธรรมพันธ์ นิสิตปริญญาเอก SDRL ที่ให้ความร่วมมือในการวัด spectrum การเปล่งแสง ขอขอบคุณ คุณขวัญเรือน ไทยน้อย ที่ช่วยงานด้านธุรการ

อนึ่งในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนจาก คณะกรรมการวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กพวท) กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน ในรูปของทุนการศึกษา ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ ที่นี้ และ ขอขอบคุณ ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับความช่วยเหลือทางด้านเครื่องมือวัด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ที่ท่านได้ให้กำลังใจตลอดมา และ ภรรยา-บุตร ของผู้วิจัยที่ได้เสียสละความสุขในครอบครัว เพื่อให้ผู้วิจัยมีโอกาสทำการวิจัยอย่างเต็มที่

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่

1. บทนำ 1

พื้นฐานและที่มาของการพัฒนาดิสเพลย์ชนิดอิเล็กโทรลูมิเนสเซนต์จากฟิล์มบาง ZnS 1

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 5

2. ทฤษฎีพื้นฐานของ Electroluminescence 7

บทนำ 7

Electroluminescence คืออะไร 7

ปรากฏการณ์ของ Electroluminescence 8

กลไกการเปล่งแสงในสิ่งประดิษฐ์ ac EL 10

สรุป 12

3. การเตรียม Material มาประดิษฐ์ EL 13

บทนำ 13

การประดิษฐ์ฟิล์มชั้นต่าง ๆ 13

1. ชั้นเปล่งแสง 15

1.1 การสังเกตการเปล่งแสงแบบ Photoluminescence (PL) จาก ZnS 15

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	1.2 การเตรียมเม็ด Pellet ZnS	17
	1.3 การปลูกฟิล์มด้วยระบบ Electron Beam Evaporation	20
	2. ชั้นขั้วเปล่งแสง (ITO)	25
	3. ชั้นฉนวน (Y_2O_3)	31
	สรุป	35
4.	การประดิษฐ์ดิสเพลย์แบบแบนชนิด EL จาก ZnS	36
	บทนำ	36
	โครงสร้างและหลักการทำงานของ EL	36
	การประดิษฐ์ EL	39
	ผลการผลิต EL สีต่าง ๆ	44
	การศึกษาคุณสมบัติฐานของ EL	47
	1. การวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงของ EL	47
	2. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความสว่างของ EL	53
	3. การขึ้นกับความถี่ และ Time Resolution ของการเปล่งแสงของ EL	54
	สรุป	57
5.	การหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	58
	บทนำ	58
	การหาปริมาณความเข้มข้นของ Color Center	58
	การหาความหนาของชั้น ZnS : Mn	60
	การหาความหนาของชั้นฉนวน Y_2O_3	62
	สรุป	67
6.	การประดิษฐ์ EL ที่มี Pattern ต่าง ๆ	68
	บทนำ	68
	การประดิษฐ์ EL Pattern ภาพนิ่ง	68
	สรุป	72

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
7.	สรุปผลการวิจัย	73
เอกสารอ้างอิง		75
รายชื่อผลงานสิ่งตีพิมพ์และการประชุมทางวิชาการ		77
ภาคผนวก ก.	โปรแกรมการวัด Spectrum	78
ภาคผนวก ข.	การทำงานของระบบ E-Beam Evaporator	87
ภาคผนวก ค.	การใส่ค่าพารามิเตอร์ของ CRTM Film Thickness Monitor ...	94
ประวัติผู้เขียน		98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงการเปรียบเทียบ Flat Panel Display ชนิดต่าง ๆ	2
3.1	แสดงตัวอย่างวัสดุที่ใช้ใน EL	14
3.2	สรุปเงื่อนไขการปลูกฟิล์มบาง ZnS ด้วยวิธี Electron Beam Evaporator ..	22
3.3	สรุปเงื่อนไขการปลูกฟิล์ม ITO ด้วยวิธี Electron Beam Evaporator	27
3.4	สรุปเงื่อนไขการปลูกฟิล์ม Y_2O_3 ด้วยวิธี Electron Beam Evaporator	33
4.1	ตัวอย่างรายชื่อ Color Center ใน ZnS ที่ใช้ในการวิจัย	38
4.2	เงื่อนไขการประดิษฐ์ฟิล์ม Y_2O_3 และ ZnS โดยวิธี EB	43
5.1	ฉนวนฟิล์มบางที่ใช้กับ EL	64
ค.1	แสดงค่า Density และ Acoustic Impedance ของวัสดุชนิดต่าง ๆ	95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ตัวอย่างการใช้งาน EL กับ computer แบบ laptop	4
1.2	ตัวอย่างการใช้งานของ EL ที่ใช้ในกองทัพ	4
1.3	แผนภูมิขอบเขตการวิจัย	6
2.1	โครงสร้างของ Electroluminescence	9
2.2	วงจรสมมูลย์ของ Electroluminescence	10
3.1	แผนผังวิธีการสังเกต Photoluminescence	16
3.2	ภาพถ่ายระบบการวัด Photoluminescence	16
3.3	ภาพถ่ายการเปล่งแสงของ ZnS	17
3.4	อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเม็ด Pellet ZnS	18
3.5	ขั้นตอนการผลิตเม็ด Pellet ZnS	19
3.6	ระบบเตา Furnace ที่ใช้ในการอบ (annealing) เม็ด pellet ZnS และ Y_2O_3	20
3.7	การทำงานของระบบ Electron Beam Evaporation	21
3.8	ระบบ EBV-6DH ที่ใช้ในงานวิจัย	22
3.9	แสดง Pattern X-Ray Diffraction ของฟิล์มบาง ZnS	24
3.10	เครื่อง X-Ray Diffractometer ที่ใช้ในการวัดฟิล์มบาง ZnS	24
3.11	เม็ด Pellet ของ Indium Tin Oxide (ITO) ที่ใช้ในการวิจัย	25
3.12	ผลการวัดการทะลุผ่านของแสงของฟิล์ม ITO	28
3.13	รูปตัวอย่างฟิล์ม ITO ปลูกที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน	28
3.14	ค่าความต้านทานของฟิล์ม ITO ที่อุณหภูมิแผ่นฐานต่าง ๆ	29
3.15	แสดง Pattern X-Ray Diffraction ของฟิล์ม ITO	30
3.16	เครื่อง Universal Testing Machine ที่ใช้อัดเม็ด Pellet Y_2O_3	31
3.17	ขั้นตอนการผลิตเม็ด Pellet Y_2O_3	32
3.18	แสดง Pattern X-Ray Diffraction ของผง Y_2O_3	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.1	ลักษณะโครงสร้างของ EL ที่ออกแบบในงานวิจัย	37
4.2	แถบพลังงานและหลักการทำงานของ EL	37
4.3	ขั้นตอนในการสร้างรูปแบบของ ITO	39-41
4.4	ระบบ Multi Crucible ที่วางเม็ด Pellet ในระบบ EB	42
4.5	ระบบ filament Evaporator ที่ใช้เคลือบขั้ว Al	42
4.6	ขั้นตอนการประดิษฐ์ EL	43
4.7	ภาพการเปล่งแสงของ EL ที่ให้สีต่าง ๆ	45-46
4.8	ระบบการวัด Spectrum การเปล่งแสงของ EL	47
4.9	Spectrum การเปล่งแสงของ EL สีต่าง ๆ	48-49
4.10	ระดับพลังงานของ Color Center ใน ZnS	50-51
4.11	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าและความสว่างของ EL	53
4.12	ความสัมพันธ์ระหว่างความสว่างและความถี่ที่ป้อนให้กับ EL สีเหลือง	54
4.13	วิธีการวัด Time Resolution การเปล่งแสงของ EL	55
4.14	ผลการวัด Time Resolution การเปล่งแสงของ EL สีเหลือง	56
5.1	การเปรียบเทียบความสว่างของ EL กับความเข้มข้นของ Mn	59
5.2	การเปรียบเทียบความหนาของ ZnS : Mn กับความสว่างของ EL สีเหลือง	61
5.3	ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับ Dielectric Constant ของชั้นฉนวน	63
5.4	แถบพลังงานของ ac EL ทั่ว ๆ ไป	63
5.5	การเปรียบเทียบความหนาของชั้นฉนวน Y_2O_3 กับความสว่างของ EL สีเหลือง	67
6.1	ตัวอย่าง Mask ที่ใช้ทำ Photolithography และ Mask ที่ใช้เคลือบขั้ว Al	69
6.2	การเปล่งแสงของ EL ที่เป็นสีเหลือง	70-71
6.3	ขั้วไฟฟ้าที่เป็นแบบ Matrix (line และ column)	72
ข.1	แผงควบคุมระบบปั๊ม	88
ข.2	EBV - 6DH การทำงานหน้าปัทม์ด้านหน้า	89