บทที่ 1
บทนำ

1.1 พื้นฐานและที่มาของหัวข้อวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบัน "วัสดุอะมอร์ฟัส" จัดเป็นวัสดุชนิดใหม่ (new material) ที่สำคัญชนิดหนึ่ง ประวัติศาสตร์ของอะมอร์ฟัสเริ่มต้นในปี ค.ศ. 1948 เมื่อมีการค้นพบว่า อะมอร์ฟัสซีลีเนียม (a-Se) สามารถนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นเมื่อถูกฉายด้วยแสง จึงได้มีการนำ a-Se มาประดิษฐ์เป็นดรัมไวแสงในเครื่องถ่ายเอกสารจนถึงทุกวันนี้ ต่อมาในปี ค.ศ. 1975 อาจถือได้ว่าเป็นยุคปฏิวัติการพัฒนาวัสดุอะมอร์ฟัสชนิดที่เป็นสารกึ่งตัวนำกล่าวคือ ศาสตราจารย์ Spear แห่งมหาวิทยาลัย Dundee ประเทศอังกฤษได้ประสบความสำเร็จเป็นครั้งแรกในการเติมสารเจือปน (impurity doping) เข้าสู่วัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a-Si:H) ด้วยวิธี glow discharge plasma CVD ทำให้ a-Si:H มีคุณสมบัติชนิดพีและชนิดเอ็น [1] และสิ่งที่น่ายินดีอีกประการหนึ่งคือ รางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ได้ถูกมอบให้แก่วงการวัสดุอะมอร์ฟัสในปี ค.ศ 1977 ผู้ที่ได้รับรางวัลคือ ศาสตราจารย์ Mott และ Anderson แห่งมหาวิทยาลัย Cambridge (Cavendish laboratory) ประเทศอังกฤษในฐานะเป็นผู้ก่อตั้งทฤษฎีอธิบายคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนสารกึ่งตัวนำได้อย่างถูกต้อง [2]

จากความสำเร็จในการโด๊ป a-Si:H ทำให้การใช้งานของอะมอร์ฟัสซิลิคอนแพร่หลายไปมาก [3-4] อาทิเช่น ได้ถูกนำมาผลิตเป็นเซลล์แสงอาทิตย์แบบฟิล์มบาง เซนเซอร์สีของแสง ดรัมไวแสงในเครื่องถ่ายเอกสาร ทรานซิสเตอร์แบบฟิล์มบางเพื่อใช้กับโทรทัศน์สีแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display) หลอดถ่ายในกล้องวีดีโอ และไดโอดเปล่งแสงแบบฟิล์มบาง [5-6] ฯลฯ เป็นต้น

1.1.1 คุณสมบัติดีเด่นของวัสดุฟิล์มบาง a-Si:H, a-SiN:H และ a-SiC:H

ซิลิคอนเป็นธาตุที่มีราคาถูกหาได้ง่ายและมีมากในโลก การนำซิลิคอนมาผลิตเป็นอะมอร์ฟัสซิลิคอน (a-S:H) จึงเป็นการใช้วัสดุราคาถูกให้คุ้มค่า สิ่งที่น่าสนใจมากอีกอย่างหนึ่ง คือ ความสามารถในการผลิต a-Si:H ให้เป็นสารประกอบต่าง ๆ ได้มากมายโดยการผสมก๊าซอื่นเข้า

ไปในระบบ glow discharge plasma CVD เช่น

ผสมก๊าซ CH_4 หรือ C_2H_4 + $Si:I_4$ จะได้ a-SiC:H
ผสมก๊าซ NH_3 + SiH_4 จะได้ a-SiN:H
ผสมก๊าซ CO_2 + SiH_4 จะได้ a-SiO:H
ผสมก๊าซ GeH_4 + SiH_4 จะได้ a-SiGe:H
ผสมก๊าซ SnH_4 + SiH_4 จะได้ a-SiSn:H

สารประกอบของฟิล์มบางเหล่านี้ มีค่าช่องว่างพลังงานกว้างหรือแคบขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของธาตุที่ผสมเข้าไป เช่น ถ้าเพิ่มปริมาณ C หรือ N ให้มากขึ้นจะทำให้ช่องว่างพลังงานของฟิล์ม a-SiC:H หรือ a-SiN:H กว้างขึ้น (เช่น 1.8-4.0 eV) แต่ถ้าเพิ่มปริมาณของ Ge หรือ Sn ให้มากขึ้น จะทำให้ช่องว่างพลังงานของวัสดุ a-SiGe:H หรือ a-SiSn:H แคบลง (เช่น 1.8-1.2 eV)

นอกจากนี้วัสดุตระกูลสารประกอบของ a-Si:H, a-SiN:H และ a-SiC:H มีคุณสมบัติเด่นน่าสนใจอีกหลายด้านดังแสดงในรูปที่ 1.1 เช่น

(1) สามารถผลิตที่อุณหภูมิต่ำ ๆ ได้ เช่นที่ 150-200°C
(2) สามารถปลูกบนแผ่นฐานได้หลายชนิด เช่น แผ่นแก้ว แผ่นสเตนเลส แผ่นเซลามิค และแผ่นโพลิเมอร์
(3) ผลิตเป็นฟิล์มบางได้ง่าย และประหยัดวัสดุ
(4) จากคุณสมบัติของการเป็นอะมอร์ฟัส การเปลี่ยนสถานะของพาหะ (transition) ของพาหะทางแสงจึงไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม (K-selection rule) ดังนั้นสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของ a-Si:H จึงมีค่าสูง และในทำนองเดียวกันคาดว่าประสิทธิภาพการเปล่งแสงของ a-Si:H, a-SiC:H, a-SiN:H และ a-SiO:H จะมีค่าสูงด้วย การผลิตแบบปริมาณมาก และอัตโนมัติต่อเนื่องได้ง่าย
(5) การผลิตฟิล์มบางหลายชั้นแบบ multi-layer ได้ง่าย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้วิจัยเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางแสงของวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนอัลลอย ข้อมูลเหล่านี้เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบและประดิษฐ์สิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น ไดโอดเปล่งแสงฟิล์มบาง เซลล์แสงอาทิตย์ และสิ่งประดิษฐ์

วงจรรวมชนิดออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic Integrated Circuits ย่อว่า OEIC)

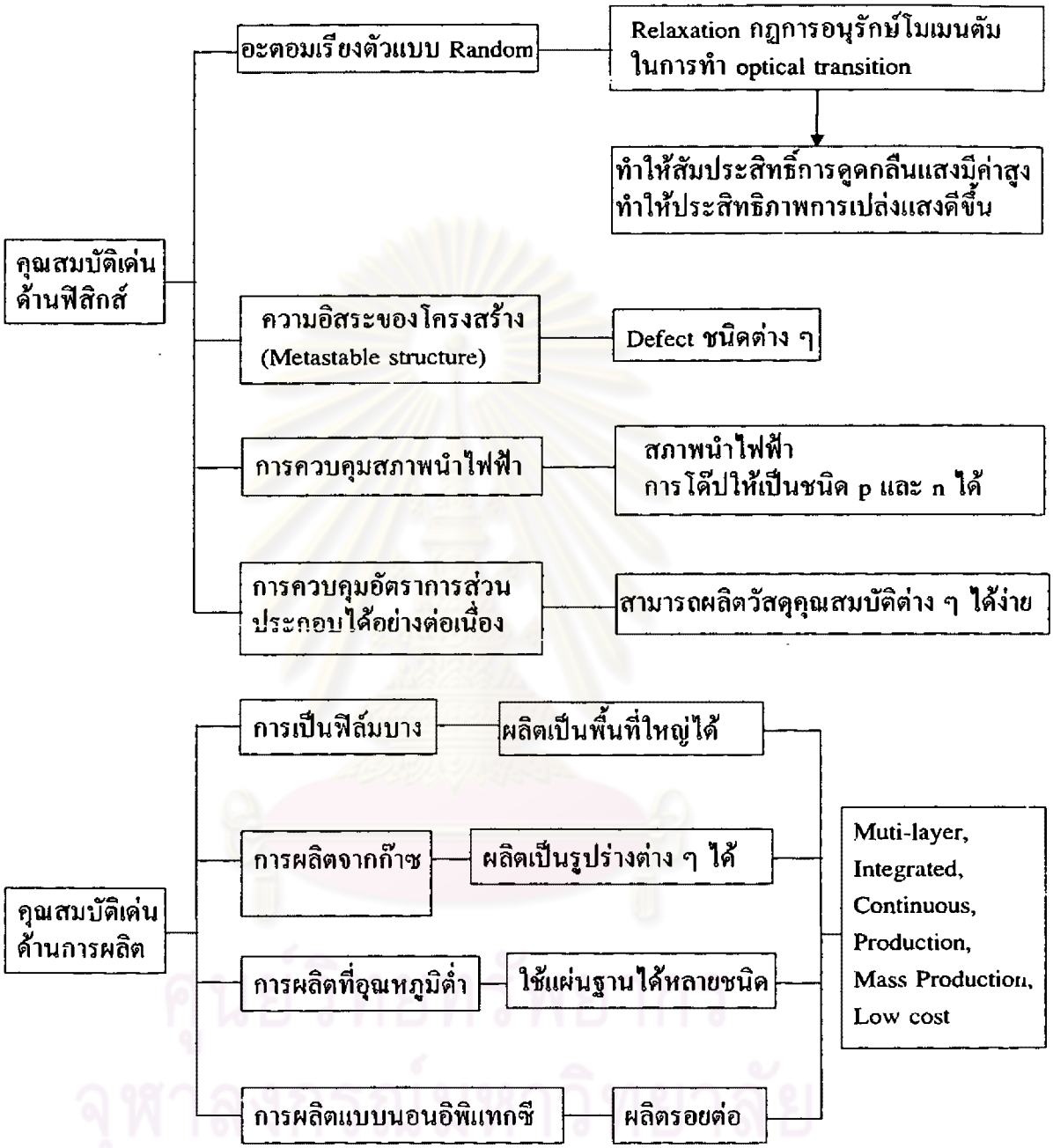
เนื้อหาโครงสร้างของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงในรูปที่ 1.2

1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติพื้นฐานทางแสง และทางอิเล็กทรอนิกส์ของวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนอัลลอย เช่น a-Si:H, a-SiN:H และ a-SiC:H
2. เพื่อพัฒนาไดโอดเปล่งแสงชนิดฟิล์มบางจากวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอนอัลลอย และปรับปรุงคุณภาพ เช่น ความสว่างให้สูงขึ้น
3. เพื่อประดิษฐ์ดิสเพลย์แบบบางจากไดโอดเปล่งแสงชนิดอะมอร์ฟัส ให้มีโครงสร้างแบบเมตริกซ์
4. เพื่อประดิษฐ์วงจรรวมชนิดออปโตอิเล็กทรอนิกส์ (Optoelectronic Integrated Circuit OEIC) โดยมีไดโอดเปล่งแสงฟิล์มบางชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนอัลลอยเป็นสิ่งประดิษฐ์กำเนิดแสง (TFLED) และมีโฟโตไดโอดชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนเป็นสิ่งประดิษฐ์รับแสง (TFPD)

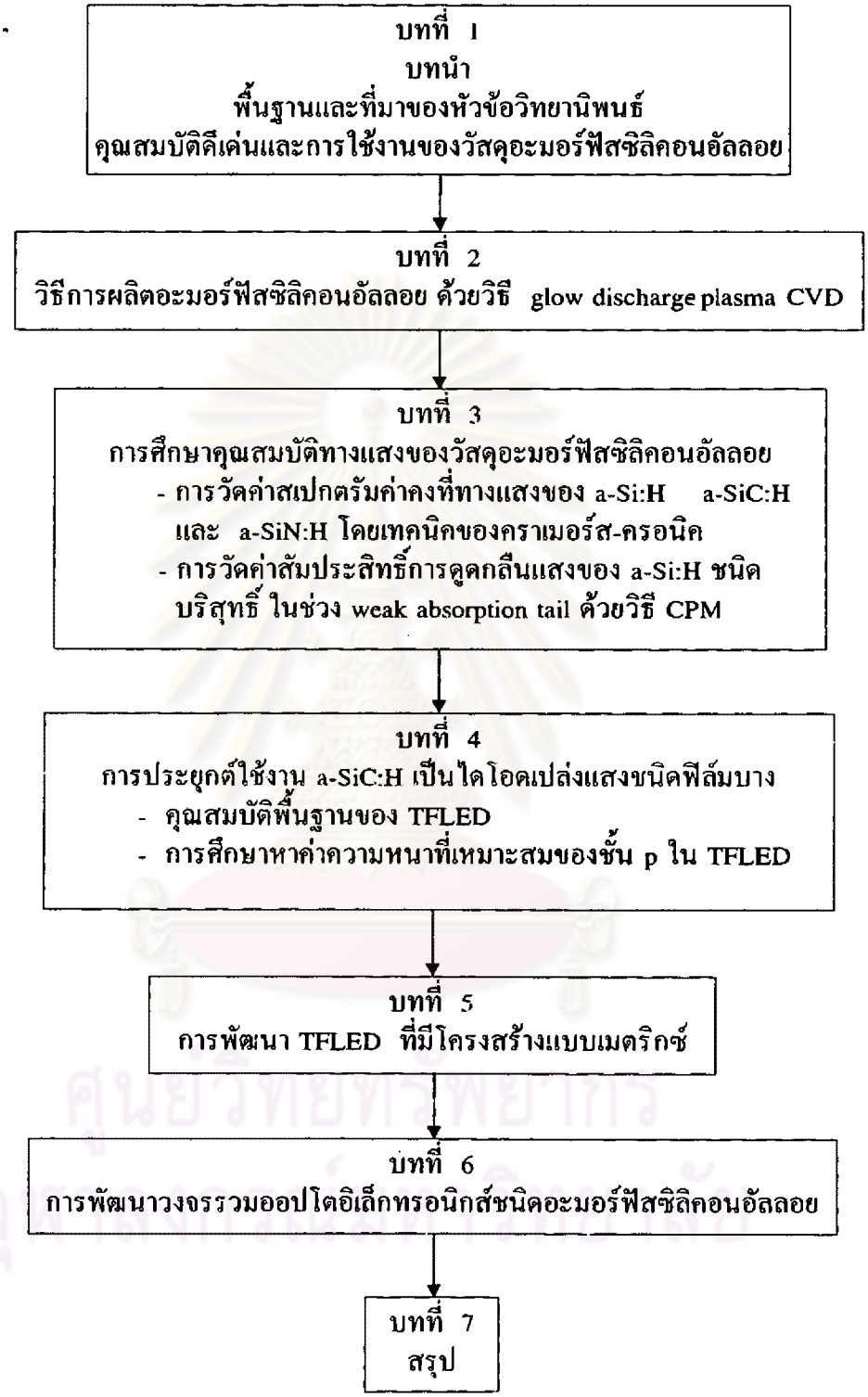
1.3 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตการทำวิทยานิพนธ์นี้ได้แก่ การศึกษาคุณสมบัติทางแสงจากการวัดสเปกตรัมค่าคงที่ทางแสง ($R(h\nu)$, $n(h\nu)$, $k(h\nu)$, $\varepsilon_{r1}(h\nu)$, $\varepsilon_{r2}(h\nu)$) ด้วยเทคนิคของคราเมอร์ส-ครอนิค และศึกษาคุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของฟิล์ม a-Si:H ด้วยวิธี CPM เพื่อนำไปเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการออกแบบและผลิตสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ชนิดวัสดุอะมอร์ฟัสซิลิคอน คือ ไดโอดเปล่งแสงชนิดฟิล์มบาง เซลล์แสงอาทิตย์ชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอน และสิ่งประดิษฐ์วงจรรวมชนิดออปโตอิเล็กทรอนิกส์ OEIC นอกจากนี้ได้มีการประดิษฐ์ดิสเพลย์แบบบางจากไดโอดเปล่งแสงชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอนคาร์ไบด์ ให้มีโครงสร้างแบบเมตริกส์ และการปรับปรุงความสว่างของไดโอดเปล่งแสงชนิดฟิล์มบางชนิดอะมอร์ฟัสซิลิคอนด้วยการหาความหนาชั้น p ที่เหมาะสม



รูปที่ 1.1 คุณสมบัติดีเด่นของสารกึ่งตัวนำอะมอร์ฟัสซิลิคอนอัลลอยชนิดต่าง ๆ เช่น a-Si:H, a-SiN:H, a-SiC:H และ a-SiGe:H

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 1.2 เนื้อหาโครงสร้างของวิทยานิพนธ์