สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและแนวความคิด

ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาได้มีการศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้าและทางแสงของควอนตัมดอตอย่างแพร่หลายเนื่องจากโครงสร้างแบบควอนตัมดอตนี้มีคุณสมบัติที่โดดเด่นคือ สามารถที่จะเก็บกักพาหะได้ในลักษณะ 3 มิติอีกทั้งมีค่าความหนาแน่นสถานะ (density of state) เป็นลักษณะเดลต้าฟังก์ชัน จะเห็นได้ว่าจากจำนวนบทความที่มีการนำเสนอนั้นนำไปสู่การประยุกต์ใช้งานทางด้านสิ่งประดิษฐ์ออปโตอิเล็กทรอนิกส์แบบต่างๆ มากมาย ส่วนการประยุกต์ใช้งานทางด้านโฟโตโวทาอิกนั้น ได้มีการเสนอให้ใช้ประโยชน์จากชั้นควอนตัมดอตในการเพิ่มการตอบสนองต่อสเปกตรัมแสงอาทิตย์ เพื่อขยายย่านการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถดูดซับโฟตอนได้มากขึ้นโดยเฉพาะในย่านความยาวคลื่นยาวของแสงอาทิตย์ ซึ่งควอนตัมดอตจะทำหน้าที่เป็นแถบพลังงานที่จะปรากฏอยู่ระหว่างแถบคอนดักชัน(conduction band) กับแถบเวเลนซ์ (valence band) ซึ่งนิยมเรียกโดยทั่วไปว่า intermediate band

กระบวนการสร้างควอนตัมดอตนั้นมีอยู่หลากหลายวิธีด้วยกัน ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีและข้อด้อยต่างกันไป สำหรับในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการปลูกผลึกแบบจัดเรียงตัวเอง (Self-assembled growth technique) ด้วยการปลูกผลึกแบบลำโมเลกุล ซึ่งมีข้อดีคือสามารถสร้างควอนตัมดอตที่ไม่มีจุดบกพร่อง (defect free) ได้ เนื่องจากไม่ต้องผ่านกระบวนการการกัดทางเคมีเพื่อทำลวดลายในระดับนาโนเมตร อีกทั้งวิธีนี้ยังสามารถควบคุมความหนาแน่นของควอนตัมดอตได้ โดยการควบคุมเงื่อนไขและเทคนิคในการปลูกที่เหมาะสม แต่ข้อเสียของวิธีนี้คือ เราไม่สามารถที่จะกำหนดตำแหน่งในการเกิดควอนตัมดอตได้ อีกทั้งยังไม่สามารถที่จะกำหนดขนาดของควอนตัมดอตที่แน่นอนให้ได้ตามความต้องการ

การปลูกผลึกด้วยลำโมเลกุล เป็นเทคนิคที่ใช้ในการปลูกผลึกบางๆของสารกึ่งตัวนำโดยใช้ลำโมเลกุลหรืออะตอมของสารเหล่านั้น ปลูกลงบนแผ่นฐานอย่างมีระเบียบตามโครงสร้างของผลึกภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ดีเยี่ยมในระดับ 10^{-11} ทอร์ อีกทั้งยังสามารถควบคุมปริมาณความหนาแน่นของอะตอมที่พุ่งมายังแผ่นฐานได้ โดยควบคุมอุณหภูมิของสารแต่ละชนิดที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของชั้นผลึกนั้น ซึ่งทำให้สามารถที่จะสร้างผลึกที่มีคุณภาพสูงและยังสามารถควบคุมความหนาของแต่ละชั้นได้อย่างถูกต้อง จะเห็นได้ว่าจากเหตุผลที่กล่าวมานี้เหมาะอย่างยิ่งที่จะนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการปลูกควอนตัมดอตซึ่งเป็นโครงสร้างที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร (10^{-9} เมตร)

ในงานวิจัยที่จะนำเสนอต่อไปนี้ เป็นการศึกษาการปลูกควอนตัมดอตแบบจัดเรียงตัวเอง, ควอนตัมดอตโมเลกุล (Quantum dot molecules: QDMs) และควอนตัมดอตโมเลกุลแบบที่มีความหนาแน่นสูง (High density quantum dot molecules) เพื่อนำไปแทรกไว้ในโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์แบบต่างๆ และวัดค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้ารวมถึงคุณสมบัติทางแสง และอธิบายถึงการวิเคราะห์ผลที่ได้ในแต่ละโครงสร้าง

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพิ่มชั้นควอนตัมดอตโมเลกุลในโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพและการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ให้สามารถตอบสนองต่อย่านความยาวคลื่นยาวได้ดีขึ้น

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้จะนำเสนอเกี่ยวกับผลการทดลองปลูกควอนตัมดอตแบบจัดเรียงตัวเองและควอนตัมดอตโมเลกุล รวมถึงควอนตัมดอตโมเลกุลแบบที่มีความหนาแน่นสูง และนำไปสอดแทรกภายในโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ชนิด GaAs ซึ่งสามารถปลูกได้โดยอาศัยเทคนิคการ thin-capping-and-regrowth โดยโครงสร้างทั้งหมดทำการปลูกโดยเครื่องปลูกผลึกแบบลำโมเลกุล และทำการศึกษาเกี่ยวเทคนิคการปลูกเพื่อเพิ่มชั้น GaAlAs เพื่อทำหน้าที่เป็น Window สำหรับเซลล์แสงอาทิตย์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อสิ้นสุดการวิจัยตามวิทยานิพนธ์นี้แล้ว จะได้แนวทางเกี่ยวกับการปลูกโครงสร้างควอนตัมดอตแบบจัดเรียงตัวเองและควอนตัมดอตโมเลกุล รวมถึงควอนตัมดอตโมเลกุลแบบที่มีความหนาแน่นสูง พร้อมทั้งข้อมูลคุณสมบัติทางกายภาพและข้อมูลคุณสมบัติทางแสงของโครงสร้างควอนตัมดอตแบบต่างๆ อีกทั้งแนวทางในการพัฒนาโครงสร้างเซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูง โดยการนำชั้นควอนตัมดอดไปแทรกไว้ในชั้นทำงานอีกทั้งยังเป็นแนวทางในการนำไปใช้ในสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำอื่นที่มีโครงสร้างควอนตัมดอตเป็นชั้นทำงาน