

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ RSA5480025

ชื่อโครงการ : การปลูกผลึกด้วยวิธี MOCVD และคุณภาพวัสดุของฟิล์มบางอินเดียมไนไตรด์และ
แกเลียมไนไตรด์เพื่อการประยุกต์ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เชิงแสงและเซลล์แสงอาทิตย์

ชื่อนักวิจัย : รองศาสตราจารย์ ดร.สกุณธรรม เสนาะพิมพ์ สังกัด : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address : sakuntam@gmail.com และ sakuntam.s@chula.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : 3 ปี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ รายงานผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างที่มีผลกระทบต่อสมบัติเชิงแสงและสมบัติเชิงโครงสร้างของสารกึ่งตัวนำกลุ่ม III-Nitride ดังต่อไปนี้

1. สารกึ่งตัวนำ GaN ที่มีเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกจากโครงสร้างแบบคิวบิกไปเป็นโครงสร้างแบบเฮกซะโกนัลได้ง่าย และพบว่าสามารถกำหนดโครงสร้างผลึกด้วยกระบวนการปลูกผลึกดังต่อไปนี้; (i) การปลูกผลึกแบบเลือกพื้นที่บ่งชี้ว่าโครงสร้างสารถูกกำหนดได้โดย ทิศทางของ stripe pattern ในทิศทาง และค่า fill factor (ii) การเติม Al ในชั้น GaN จะทำให้โครงสร้างผลึกแบบคิวบิก มีเสถียรภาพสูงขึ้นภายใต้ขอบเขตที่เติม Al ไม่เกิน 12.7% (iii) การแทรกชั้น AlGaN interlayer ระหว่างวัสดุฐานรองและชั้น GaN ส่งผลให้โครงสร้างผลึกแบบเฮกซะโกนัลมีเสถียรภาพมากขึ้น และ (iv) การแทรกชั้นกราฟีน (graphene) จะได้ได้ชั้นฟิล์ม GaN ที่ปลูกผลึกได้บนวัสดุฐานรองที่มีโครงสร้างผลึกแบบออสทอนและแบบคิวบิก

2. สารกึ่งตัวนำ InN มีโครงสร้างแบบเฮกซะโกนัล เมื่อใช้วัสดุฐานรอง ที่มีความเอียง หรือ off-substrate จากการตรวจวัดโดยตรงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน (TEM) แสดงให้เห็นถึงการลดลงของความบกพร่องเชิงโครงสร้างทั้ง dislocations และ anti-phase domains ที่ก่อกำเนิดที่บริเวณผิวรอยต่อ (interface)

3. สารกึ่งตัวนำ AlN ที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้มีการแทรกชั้น cubic GaN ระหว่างชั้น AlN และวัสดุฐานรอง ได้ถูกตรวจวัดแล้วมีค่าช่องว่างแถบพลังงานประมาณ 4.2 eV เปรียบเทียบกับโครงสร้างผลึกแบบผสมซึ่งมีช่องว่างแถบพลังงานประมาณ 4.75 eV แสดงให้เห็นถึงความหนาแน่นของโครงสร้างแบบคิวบิก

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างและคุณภาพผลึกของฟิล์มคิวบิก GaN, AlN และ InN ที่ปลูกผลึกแบบเอพิเทกซ์อย่างเป็นระบบ พบว่า การเปลี่ยนแปลงเชิงโครงสร้างและคุณภาพผลึกได้รับผลกระทบจากทั้งเงื่อนไขการปลูกผลึก คือ สภาวะการปลูกผลึกที่มีธาตุหมู่ III และไนโตรเจนที่มากเกินไป และจากชั้นบัฟเฟอร์ ลักษณะของ stripe pattern

คำสืบค้น: สารกึ่งตัวนำ, สารกึ่งตัวนำชนิดไนไตรด์, การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้าง, คุณสมบัติเชิงแสง, คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์

Abstract

Project Code : RSA5480025

Project Title : MOCVD growth and Material Quality of Indium Nitride and Gallium Nitride Films for Application in Optoelectronic Devices and Solar Cells

Investigator : Associate Professor Dr. Sakuntam Sanorpim, Chulalongkorn University

E-mail Address : sakuntam@gmail.com & sakuntam.s@chula.ac.th

Project Period : 3 years

Abstract:

This work reports a study of structural phase transformation, which significantly effects on structural and optical properties of group III-Nitride semiconductors, as the following.

1. GaN is a semiconductor, which exhibits a structural transformation from cubic to hexagonal structures. Besides, the structural phase (crystal structure) can be modified as followed; (i) selective area growth exhibited a structural phase transformation, which was controlled by stripe pattern and fill factor. (ii) addition of Al in the GaN layer demonstrated a higher purity of cubic GaN layer. However, this effect is limited with 12.7% of Al in the Al added GaN layer. (iii) An insertion of AlGaIn layer between substrate and GaN layer demonstrated a higher hexagonal phase generation. (iv) Finally, a use of graphene to grow the GaN layer is suitable for the growth on both the cubic and amorphous substrates.

2. InN is a narrow bandgap semiconductor, which is stable in hexagonal structure. A use of off-substrate for the growth of InN induced a reduction of structural defects, especially dislocation and anti-phase domains at the interface. This verified by a direct observation by transmission electron microscopy (TEM).

3. For AlN semiconductor, an addition of cubic GaN buffer layer between the substrate and AlN layer demonstrated a successful growth of cubic AlN layer, which has bandgap of 4.2 eV. While, the growth without cubic GaN buffer layer gives a poly-type AlN, which exhibits bandgap of 4.75 eV. However, this also indicates a dominant cubic structure.

The structural phase transformation and materials quality of group III-Nitride semiconductors were systematically investigated. It is found that the structural phase transformation and materials quality were significantly affected by growth parameters, which are including the growth conditions, buffer layer, an insertion layer. For selective area growth, the direction and fill factor of stripe pattern are found to be a key to control the structural phase transformation.

Keywords: Semiconductors, Nitride Semiconductors, Structural Phase Transformation, Optical properties, Electronic Properties