Abstract (บทคัดย่อ)

Project Code (รหัสโครงการ) : TRG5880265

Project Title : **Investigation on Multi-Layer III–V Semiconductors for Radiation Detections and Photovoltaic Applications**

(ชื่อโครงการ) **การศึกษาสารกึ่งตัวนำประกอบธาตุหมู่สาม-ห้า เพื่อการวัดการแผ่รังสีและการใช้งานด้านโฟโตโวลทาอิก**

Investigator : **Dr. Phannee Saengkaew**
Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University

(ชื่อนักวิจัย) **ดร.พรรณี แสงแก้ว**
ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

E-mail Address : **phannee.s@chula.ac.th, s_phannee@hotmail.com**

Project Period : **2 years**

(ระยะเวลาโครงการ) **2 ปี**

Aluminium Antimonide (AlSb) with a good crystalline quality and suitable optical and electrical properties has been investigated in order to develop AlSb-based room-temperature optoelectronic devices on Si substrates. Firstly, ~400-nm-thick AlSb films were prepared by RF-magnetron sputtering process in argon atmosphere at a pressure of 10^{-2} mbar, a power of 250 W and the ratio of pure Al and Sb of 95:5. Cu and Si doping in AlSb films were performed to generate the n-type and p-type AlSb films by the ratio of Al, Sb and dopants of about 90:5:5. XRD measurements showed that AlSb films were achieved with (111) preferred orientation, a lattice constant of 6.1315 Å and a crystal size of 50.85 nm. For doped AlSb samples, the AlSb:Si films with a lattice constant of 6.1042 Å and the AlSb:Cu films with a lattice constant of 6.1402 Å were obtained. To analyze the crystal structure quality of the AlSb films, Raman spectroscopy indicated that all AlSb films with strains and lower crystal structure quality by Si and Cu doping. AFM measurements presented 5×5 μm^2 surface morphology of AlSb having an rms roughness of 2.13 nm for undoped AlSb, 2.85 nm for AlSb:Si and 3.81 nm for AlSb:Cu with optimized contents of Cu and Si dopants of Cu content of 1% and Si content of 4%. From I-V measurements, in case of the optimized samples, the electrical resistivity of the AlSb:Cu, the AlSb:Si and the undoped AlSb were obtained as 2.55, 4.23 and 199.84 mΩ·cm, respectively. Moreover, Hall-Effect measurements showed n-type characteristics for AlSb films by Cu doping and p-type AlSb films by Si doping with quite high sheet carrier concentrations of about -2.7572×10^{17} and 2.4381×10^{18} cm^{-2}, respectively. However, for both cases, the carrier mobilities are still low. Nevertheless, PIN junction diode structure was designed and grown on Si substrate to develop the AlSb-based diode devices with quite good diode characteristics.

Keywords **:** Characterization, Doping, Physical vapor deposition processes, Semiconducting aluminum compounds, Semiconducting III-V materials, Radiation detector, Si substrate

บทคัดย่อ

การพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงบนฐานรองซิลิกอนเพื่อใช้งานที่อุณหภูมิห้องได้ โดยการพัฒนาสังเคราะห์วัสดุตั้งต้นอิเล็กทรอนิกส์คืออลูมิเนียมแอนติโมไนด์ ให้มีคุณภาพโครงสร้างผลึกที่ดี มีสมบัติเชิงแสงและสมบัติทางไฟฟ้าที่เหมาะสม โดยเริ่มต้นจากการปลูกสังเคราะห์ฟิล์มอลูมิเนียมแอนติโมไนด์ด้วยเทคนิคสปัตเตอริ่งประเภทอาร์เอฟแมกนีตรอน ในสภาวะบรรยากาศก๊าซอาร์กอนที่มีความดัน 0.01 mbar ที่กำลังสปัตเตอร์ 250 วัตต์ และกำหนดให้มีอัตราส่วนของสารตั้งต้นอลูมิเนียมบริสุทธิ์และแอนติโมนีที่อัตรา 95:5 สำหรับการปลูกฟิล์มบางอลูมิเนียมแอนติโมไนด์ที่สามารถนำไฟฟ้าชนิด n-type ได้โดยการเจือทองแดง และได้ p-type โดยซิลิกอน โดยเริ่มต้นกำหนดอัตราส่วนสารตั้งต้นอลูมิเนียมบริสุทธิ์ต่อแอนติโมนีและต่อสารเจือที่อัตราประมาณ 90:5:5 และมีการเจือสารทองแดงและซิลิกอน โครงสร้างผลึกของฟิล์มอลูมิเนียมแอนติโมไนด์ที่ปลูกได้นั้นมีโครงสร้างผลึกแบบลูกบาศก์ที่ที่มีลักษณะพหุผลึกแต่มีระนาบ(111) โดดเด่นที่สุด มีค่าคงที่แลตทิช 6.1305 Å และขนาดผลึกเฉลี่ย 50.85 nm และพบว่าฟิล์มที่มีการเจอซิลิกอนมีค่าคงที่แลตทิชขนาดเล็กกว่าคือ 6.1042 Å และฟิล์มที่มีการเจือทองแดงมีค่าคงที่แลตทิชใหญ่ที่สุดคือ 6.1402 Å เมื่อพิจารณาลักษณะพื้นผิวหน้าพบว่า พื้นผิวหน้าของฟิล์มอลูมิเนียมแอนติโมไนด์มีค่าความขรุขระ 2.13 nm และฟิล์มที่เจือซิลิกอนมีความขุรขระมากขึ้นคือ 2.85 nm และฟิล์มที่เจือทองแดงนั้นมีค่าความขุรขระมากที่สุดคือ 3.81 nm ซึ่งเป็นชิ้นงานที่มีการเจือทองแดงด้วยปริมาณเหมาะสมอัตราส่วน 1% และเจือซิลิกอน 4% จากการศึกษาโดยเทคนิครามานสเปกโตรสโคปีทำให้พบว่า ฟิล์มบางได้รับผลจากการเจือสารจึงทำให้เกิดความเค้นและมีคุณภาพโครงสร้างผลึกลดน้อยลง โดยทองแดงส่งผลกระทบมากกว่า โดยเทคนิคการวัดหาความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้า พบว่าฟิล์มบางที่เจือทองแดงนั้นมีค่าความต้านทานไฟฟ้าน้อยที่สุด 2.55 mΩ-cm และฟิล์มที่เจือซิลิกอนมีค่า 4.23 และฟิล์มที่ไม่การเจือมีค่ามากที่สุดคือ 199.84 mΩ-cm เมื่อทำการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคการตรวจวัดผลจากปรากฏการณ์ฮอลล์ ซึ่งได้ผลยืนยันถึงชนิดการนำไฟฟ้าของฟิล์มอลูมิเนียมแอนติโมไนด์ชนิด n-type และ p-type ได้จากการเจือด้วยทองแดงและซิลิกอน โดยมีค่าความหนาแน่นของตัวนำประจุในฟิล์มเจือทองแดงมีค่า -2.7572×10^{17} และเจือด้วยซิลิกอนมีค่าสูงมากกว่าคือ 2.4381×10^{18} cm^{-2} ตามลำดับ แต่ว่าชิ้นงานตัวอย่างฟิล์มนั้นยังคงมีค่าสภาพการเคลื่อนที่ได้ที่ค่อนข้างต่ำอาจเนื่องจากผลึกยังคุณภาพไม่ดี ดังนั้นเมื่อได้เงื่อนไขการปลูกฟิล์มที่นำไฟฟ้าได้แล้ว จึงพัฒนาทำการปลูกฟิล์มหลายชั้นเพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โครงสร้างไดโอดบนแผ่นซิลิกอน และผลการศึกษาโดยเทคนิคการวัดกระไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้าพบว่า มีการแสดงพฤติกรรมทางไฟฟ้าถึงอัตลักษณ์ของไดโอดชัดเจน ดังนั้นฟิล์มอลูมิเนียมแอนติโมไนด์นี้แนวโน้มที่จะสามารถพัฒนาต่อไปเพื่อการพัฒนาเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสงหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับการตรวจวัดรังสีต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: การวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะ การเจือสาร กระบวนการปลูกผลึกโดยวิธีการทางกายภาพ วัสดุสารกึ่งตัวนำหมู่สาม-ห้า, การวัดคุณสมบัติไฟฟ้าแบบ IV, การวัดทางไฟฟ้าจากปรากฏการณ์ฮอลล์, อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทางแสง, สารประกอบอลูมิเนียม, วัสดุตรวจวัดรังสี, แผ่นฐานรองซิลิกอน