

ศักราช : แนวสาขา : การศึกษาแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์สภาพด้านทานสูงสำหรับเครื่อง
ตรวจจับคุณภาพของอลิซ (STUDY OF HIGH RESISTIVITY SILICON WAFERS FOR
ALICE PIXEL DETECTORS) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชิโนรัตน์
กอบเดช, 97 หน้า

ALICE (A Large Ion Collision Experiments) ซึ่งเป็นหนึ่งในสถานีวัดของ CERN (the European Organization for Nuclear Research) โดยในระหว่างปี ค.ศ. 2012-2018 ได้พัฒนาและปรับปรุงหัววัดรุ่นใหม่และทำการทดสอบและติดตั้งในปี ค.ศ. 2019-2020 โดยในการปรับปรุงครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อทำให้สามารถศึกษาสถานะ ควาร์ก-กลูออน พลาสมา (Quark Gluon plasma state) โดยหนึ่งในส่วนสำคัญที่ทำการปรับปรุงครั้งนี้คือส่วน Inner Tracking Systems (ITS) ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ใกล้สุดจากจุดการชนกันของอนุภาค โดยทำหน้าที่เป็นตัวตรวจจับ (sensing) อนุภาคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นหลังการชนกันของอนุภาคหลัก ระบบ ITS นี้เป็นส่วนที่อยู่ใกล้กับจุดที่เกิดการชนกันของอนุภาคหลักมากที่สุด และชิ้นส่วนที่สำคัญของระบบ ITS คือ ซิลิกอนเซนเซอร์ที่เรียกว่า ALICE Pixel Detector (ALPIDE) โดย ALPIDE ได้ใช้เทคโนโลยี Monolithic Active Pixel Sensors (MAPS) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่รวมตัวเซ็นเซอร์และวงจรถอดจิกเข้าไว้ด้วยกัน ส่งผลให้ได้เซ็นเซอร์มีความเร็วในการอ่านข้อมูลที่มากขึ้น บางชิ้น และใช้พลังงานน้อยลงทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการติดตามเส้นทางของอนุภาค (particle tracking) ได้ด้วย ดังนั้นเพื่อสร้าง APIDE จึงต้องใช้แผ่นซิลิกอน (silicon wafer) ชนิดบางเป็นพิเศษและต้องมีความหนาของชั้น epitaxial layer เพียง 25 ไมโครเมตร อย่างไรก็ตามเมื่อเซนเซอร์มีความหนาน้อยลงจะส่งผลให้เกิดปัญหาเรื่องความทนทานเนื่องจากเซนเซอร์ต้องทำงานในจุดที่ใกล้การชนของอนุภาคที่มีการปลดปล่อยรังสีปริมาณที่สูงมาก เซนเซอร์จึงต้องมีความทนทานต่อรังสี (radiation hardness) นอกจากนี้โครงสร้างของ MAPS ก็มีผลกระทบจากรังสีมากกว่าเซนเซอร์แบบเก่าอีกด้วย ดังนั้นการตรวจสอบแผ่นซิลิกอนเวเฟอร์ซึ่งเป็นวัสดุตั้งต้นในการสร้าง ALPIDE และการศึกษาผลกระทบของรังสีต่อเซ็นเซอร์จึงมีความจำเป็นอย่างมากต่อการออกแบบและทดสอบเซ็นเซอร์ที่สามารถทนรังสีได้ในปริมาณดังกล่าวและเนื่องจากโดยพื้นฐานแล้วเซ็นเซอร์มีโครงสร้างแบบเดียวกับไดโอดด้วยเหตุนี้การศึกษาส่วนใหญ่จึงสามารถใช้ไดโอดในการศึกษาคุณสมบัติเบื้องต้นของเซ็นเซอร์ได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ในส่วนแรกได้ทำตรวจสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้าและความหนาของชั้น epitaxial ของแผ่นซิลิกอนสภาพด้านทานสูงด้วยวิธีการ Four-Point Probes (4PP) Spreading Resistance Profiling (SRP) และ Scanning Electron Microscope (SEM) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับใช้สร้าง ALPIDE ในส่วนที่สองได้ทำการศึกษาผลกระทบของรังสีต่อไดโอดที่มีโครงสร้างที่

แตกต่างกันเพื่อหาปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเซ็นเซอร์เมื่อได้รับรังสีที่ปริมาณต่างกัน โดยได้ทำการสร้างไดโอดขึ้นมาสองแบบและนำไปฉายด้วยอิเล็กตรอนและรังสีแกมมา จากนั้นทำการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปหลังการฉายรังสีด้วยวิธีการกระแส-ความต่างศักย์ (I-V) และวิธีการความจุ-ความต่างศักย์ (C-V) ซึ่งด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้สามารถทราบค่ากระแสรั่ว (Leakage current) ความจุไฟฟ้า (Capacitance) ความเข้มข้นสารเจือยั้งผล (Effective doping concentration) และค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายจากรังสี (radiation damage coefficient) ในส่วนที่สามได้ศึกษาผลกระทบต่อรังสีของซิลิกอนสภาพต้านทานสูงและซิลิกอนไดออกไซด์ (SiO₂) ซึ่งวัสดุทั้งสองชนิดเป็นวัสดุหลักภายในเซ็นเซอร์ โดยได้นำวัสดุดังกล่าวไปฉายด้วยรังสีเช่นเดียวกับส่วนที่สองและนำมาตรวจสอบด้วยวิธีการ X-Ray Diffraction (XRD) และ Atomic Force Microscopy (AFM) เพื่อศึกษาโครงสร้างและพื้นผิวที่เปลี่ยนแปลงหลังการฉายรังสี



สาขาวิชาฟิสิกส์

ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนักศึกษา ศักดิพันธ์ ผนวสุภาน

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ธีโรสินธ์ กอมเตธ

ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม ณชติ จันทร์แก้ว

ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม ฉัตรกมล ปัทม

SAKDINAN NAEOSUPHAP : STUDY OF HIGH RESISTIVITY
SILICON WAFERS FOR ALICE PIXEL DETECTORS

THESIS ADVISOR : ASST. PROF. CHINORAT KOBDAJ, Ph.D.

97 PP.

HIGH RESISTIVITY SILICON WAFER/DIODE CHARACTERIZATION/A
LARGE ION COLLIDER EXPERIMENT/MONOLITHIC ACTIVE PIXEL
SENSOR/ALICE PIXEL DETECTOR SENSOR/ ELECTRON RADIATION/
GAMMA RADIATION/C-V CHARACTERIZATION/XRD

Suranaree University of Technology (SUT) collaborates with Thai Micro Electronic Center (TMEC), and A Large Ion Collider Experiment (ALICE) to collaborate to develop a new silicon sensor for the Inner Tracking System (ITS) for particle tracking in high energy physics. In this project, the ALICE new sensor is requested to be 50 microns thick, the reason is to reduce its material budget that relates directly to the thickness of the sensor. Consequently, there use ultrathin silicon wafers with 25 microns thickness and high resistivity. Before using the wafers, the doping concentration and epitaxial layer depth are measured using Spreading Resistance Profiling (SRP) and Scanning Electron Microscope (SEM). After wafer characterization, our results show that it can obtain high resistivity wafers up to 1.6 k Ω -cm that has an epitaxial layer of 25 microns to be starting materials for ALICE Pixel Detector (ALPIDE) sensor. In addition, one of the design goals for ALPIDE sensor is to operate inside a high radiation environment above 2700 krad before deterioration. Since these sensors will be required to operate inside very harsh radiation environments, all sensors used must be able to tolerate high levels of radiation. Therefore, materials found inside silicon detectors, such as SiO₂ and Si, must be carefully studied for their irradiation effects.

To study and optimization the electrical properties changes of sensor before and after irradiation, we created the simplest semiconductor detector as a reverse-biased diode called perimeter diode (D_P) and area diode (D_A) from a standard wafer. This study focuses on CMOS diodes in two different designs. Besides, we studied the radiation effect in terms of the micro-structure on the high resistivity silicon wafer and Si/SiO₂ wafers.

In this work, we considered two aspects, structural and electrical changes, after irradiated with 10 MeV electron and gamma source with different adsorption doses rate. To study the electrical changes after irradiation D_P and D_A CMOS diodes were characterized by current-voltage (I-V) and capacitance-voltage (C-V) characteristics with a temperature of 300 K°. Microstructure defects and structural changes from the irradiation effect of high resistivity Si(100) and Si(100)/SiO₂ wafers have been characterized by X-ray Diffraction (XRD) and Atomic Force Microscopy (AFM). The I/V results show increasing in leakage currents and the C/V results show a slightly decreasing in capacitance of D_P and D_A CMOS diodes. In addition, the effective doping concentration (N_{eff}) and damage coefficient of both diodes had calculated. Our XRD results show some reductions in the crystalline size of the standard Si/SiO₂ wafers. But there is no change in the high resistivity silicon wafers. From AFM results show different defects in the surface of both in standard Si/SiO₂ and high resistivity silicon wafers.

School of Physics

Academic Year 2019

Student's Signature Sakdiman Naeosuphob

Advisor's Signature C. Kobdaj

Co-advisor's Signature Narong Chumlek

Co-advisor's Signature Tiranat Prabhat