จุลโครงสร้างของซิลิกอนบนฉนวนศึกษาโดยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

Microstructures of Silicon on Insulator Characterized by Electronmicroscopic Techniques

ภารุณีย์ สามพิมพ์

Pharunee Sarmphim

วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

Master of Science Thesis in Physics

Prince of Songkla University

2546

ชื่อวิทยานิพนธ์	จุลโครงสร้างของซิลิกอนบนฉนวนศึกษาโดยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอน
ผู้เขียน	นางสาวภารุณีย์ สามพิมพ์
สาขาวิชา	ฟิสิกส์
ปีการศึกษา	2545

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้ตรวจสอบจุลโครงสร้างของวัสดุโดยอาศัยเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราดและส่องผ่าน สำหรับเทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด การเตรียมตัวอย่างด้วยการตัดด้วยหัวตัดเพชรและเครื่องตัดอัลตราโซนิก การขัดด้วยกระดาษทราย และการกัดด้วยสารเคมีไม่สามารถทำให้ได้ภาพที่คมชัดและมีรายละเอียดของภาพถึงระดับนาโนเมตร เทคนิคจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่านจึงเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการศึกษาจุลโครงสร้างระดับนาโนเมตร ตัวอย่างในงานวิทยานิพนธ์นี้คือ ซิลิกอนบนฉนวนที่ได้จากแว่นผลึกซิลิกอนที่มีการฝังไอออนออกซิเจนลึกลงไปจากผิวหน้าระดับหนึ่ง ในที่นี้เรียกตัวอย่างโดยย่อว่า ไซมอกซ์ ปริมาณออกซิเจนที่ฝังคือ $3 \times 10^{17} – 7 \times 10^{17}$ ไอออนต่อตารางเซนติเมตร การเตรียมตัวอย่างไซมอกซ์เพื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องผ่าน อาศัยการตัด การขัด การทำให้เป็นหลุมบางและยิงด้วยลำอิเล็กตรอนเพื่อให้มีความหนาน้อยกว่า 500 นาโนเมตร จากการตรวจสอบสามารถเห็นโครงสร้างของไซมอกซ์ ประกอบด้วย 3 ชั้นคือ ชั้นซิลิกอน ชั้นออกไซด์ที่อยู่ใต้ผิวซิลอนและชั้นฐานซิลิกอน พบว่าชั้นออกไซด์ของไซมอกซ์ทุกตัวอย่างมีกลุ่มก้อนของซิลิกอนที่ไม่ได้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหลงเหลืออยู่ ความหนาของชั้น ซิลิกอนและชั้นออกไซด์ รวมทั้งความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอ น ขึ้นอยู่กับปริมาณการฝังไอออนออกซิเจน เมื่อปริมาณออกซิเจนที่ฝังเพิ่มขึ้นความหนาของชั้นซิลิกอนลดลงแต่ความหนาของชั้นออกไซด์เพิ่มขึ้น และความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอนจะเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนั้นการอบให้ความร้อนมีผลต่อตัวอย่าง ตัวอย่างที่อบให้ความร้อนโดยไม่มีชั้นป้องกันผิวจะมีความหนาของชั้นซิลิกอนน้อยกว่าตัวอย่างที่มีชั้นป้องกันผิว เนื่องจากชั้นป้องกันผิวช่วยป้องกันไม่ให้เกิดการออกซิเดชันบริเวณผิวหน้า บริเวณผิวหน้าของตัวอย่างที่มีชั้นป้องกันผิวจึงมีลักษณะเรียบกว่าตัวอย่างที่ไม่มีชั้นป้องกันผิว ในตัวอย่างที่ไม่มีชั้นป้องกันผิวนั้นออกซิเจนที่อยู่รอบๆจะสามารถแพร่ผ่านชั้นซิลิกอนและทำปฏิกิริยากับกลุ่มก้อนซิลิกอน จึงทำให้ความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอน ของตัวอย่างที่ไม่มีชั้นป้องกันผิวต่ำกว่าตัวอย่างที่มีชั้นป้องกันผิว การศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าโดยการสร้างเป็นตัวเก็บประจุมอสและวัดค่าความจุไฟฟ้า-แรงดัน บอกถึงคุณภาพ

ของวัสดุ ไซมอกซ์ที่มีคุณภาพดีที่สุดในงานวิจัยนี้คือ ตัวอย่างที่ฝังออกซิเจน 3×10^{17} ไอออนต่อตารางเซนติเมตร โดยตัวอย่างที่ไม่มีและมีชั้นป้องกันผิวมีค่าความหนาแน่นประจุที่รอยต่อผิว 4.18×10^{11} และ 1.50×10^{11} ต่อตารางเซนติเมตร ตามลำดับ นอกจากนั้นยังพบว่าภาพถ่ายจุลโครงสร้างของตัวอย่าง 3×10^{17} ไอออนต่อตารางเซนติเมตร มีความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอนในชั้นออกไซด์ต่ำสุด ผลทางไฟฟ้าและจุลโครงสร้างมีความสอดคล้องกัน โดยสรุปความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอนในชั้นออกไซด์ส่งผลต่อคุณภาพของไซมอกซ์ ไซมอกซ์ที่ดีควรจะมีความหนาแน่นของกลุ่มก้อนซิลิกอนต่ำ การมีชั้นป้องกันผิวในการอบให้ความร้อนมีผลให้รอยต่อผิวของชั้นออกไซด์กับชั้นฐานซิลิกอนมีลักษณะที่ดีขึ้น

Thesis Title	Microstructures of Silicon on Insulator Characterized by Electronmicroscopic Techniques
Author	Miss Pharunee Sarmphim
Major Program	Physics
Academic Year	2002

Abstract

The present work studied the microstructure of materials using both scanning and transmission electron microscopic techniques. For the scanning electron microscope (SEM) techniques well defined images with a resolution of nanometers could not be received for the sample preparations, i.e. diamond wheel and ultrasonic cutting, sandpaper grinding and chemicals etching used in this work. Transmission electron microscope (TEM) was an important apparatus for investigating the microstructure in a level of nanometer. The samples in this work were silicon on insulator produced by implanting oxygen in to a silicon wafer, i.e., SIMOX. Implantation oxygen doses were 3×10^{17}- 7×10^{17} O^{+}/cm^{2}. For investigating using the SIMOX sample were cut, polished, dimpled and ion milled until its thickness was thinner than 500 nanometers. From the investigation, it could be seen that SIMOX structure consisted of three layers: Si : a buried oxide (BOX) : and Si substrate layers. In the BOX layer of each sample Si islands left from an oxidation were found. Thickness of Si and BOX layers, as well as density of Si islands were depended on the oxygen dose during the implantation process. When increasing the oxygen dose, the thicknesses of Si decreased while that of BOX increased in the same time that the density of Si islands increased. In addition, an annealing process affected the SIMOX structure, i.e. the thickness of Si of the uncapped sample was thinner compared to the capped sample. The capping layer prevented the surface from the oxidation and then its surface was smoother. For the uncapped sample, the oxygen from the annealing ambient diffused through the Si layer and reacted with Si islands so that the uncapped samples had the lower density of Si islands. The electrical properties of SIMOX were studied by fabricating the MOS capacitors made from SIMOX and performing the capacitance-voltage measurement. The best SIMOX in this work was

the sample with 3×10^{17} O^{+}/cm^{2}. Density of interface charges for uncapped and capped sample with 3×10^{17} O^{+}/cm^{2} were 4.18×10^{11} and 1.50×10^{11} $/cm^{2}$ respectively. The micrograph of this sample showed the lowest density of Si islands. Results from the electrical measurement and the microsgraph were consistent. In conclusion, density of Si islands in the BOX layer affected the SIMOX quality. The good SIMOX was those with low density of Si islands. Capping layers lead to a good interface between BOX layer and Si substrate.