INVESTIGATION OF METAL DIFFUSION IN AMORPHOUS SILICON THIN FILM

WASUTEP LUANGTIP

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (PHYSICS)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2008

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Copyright by Mahidol University

การตรวจหาการแพร่ของโลหะไปสู่ชั้นของซิลิกอนอสัณฐาน
(INVESTIGATION OF METAL DIFFUSION IN AMORPHOUS SILICON THIN FILM)

วาสุเทพ หลวงทิพย์ 4937730 SCPY/M

วท.ม. (ฟิสิกส์)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : เติมศักดิ์ ศรีคิรินทร์, Ph.D., พงศ์พันธ์ จินดาอุดม, Ph.D., สมศักดิ์ แดงติ๊บ, Ph.D.

บทคัดย่อ

ระบบฟิล์มบางหลายชั้นที่ประกอบด้วยชั้นฟิล์มบางโลหะประกบกับชั้นฟิล์มบางซิลิกอนเป็นส่วนประกอบพื้นฐานที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ ความเข้าใจที่เกี่ยวข้องกับการแพร่กระจายของอะตอมโลหะในซิลิกอนที่เกิดขึ้นระหว่างรอยต่อของโลหะและซิลิกอนจึงมีความสำคัญต่อการพัฒนาอุปกรณ์ชนิดนี้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษากระบวนการของการแพร่ของโลหะในฟิล์มบางซิลิกอนอสัณฐานที่อุณหภูมิสูงโดยใช้เทคนิคอิลิปโซเมทรีเป็นหลัก รอยต่อโลหะ-ซิลิกอนสองชนิดได้ถูกเลือกนำมาศึกษาได้แก่ อะลูมินัม/ซิลิกอน และ เงิน/ซิลิกอน รอยต่อดังกล่าวสร้างขึ้นจากการเคลือบฟิล์มบางซิลิกอนบนฟิล์มโลหะด้วยเทคนิคสปัตเตอร์ริ่งแบบ RF, DC และ DC-Pulse ตัวอย่างที่เตรียมขึ้นจะถูกนำไปให้ความร้อนภายใต้บรรยากาศไนโตรเจนและภายใต้สุญญากาศเพื่อศึกษาการแพร่ และทำการวัดการเปลี่ยนแปลงด้วยเทคนิคอิลิปโซเมทรีขณะที่ให้ความร้อน จากนั้นศึกษากระบวนการแพร่ของโลหะด้วยการจำลองผลการวัดอิลิปโซเมทรี ฟิล์มซิลิกอนที่มีโลหะแพร่เข้าไปจะถูกจำลองด้วยชั้นฟิล์มของของผสมที่มีสมบัติทางแสงคำนวณได้ตามทฤษฎี Bruggeman Effective Medium Approximation ส่วนสมบัติทางแสงของฟิล์มแต่ละชนิดอย่างแม่นยำ หาได้จากการเตรียมและวิเคราะห์ฟิล์มบางชั้นเดียวของซิลิกอน อะลูมินัม และเงิน ตัวอย่างฟิล์มบางชั้นเดียวเหล่านี้ยังถูกนำไปให้ความร้อนเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่อสมบัติทางแสงของฟิล์มด้วย

ผลการวิเคราะห์ทางอิลิปโซเมทรีพบว่าการแพร่ของเงินในซิลิกอนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ในขณะที่การแพร่ของอะลูมินัมในซิลิกอนเกิดขึ้นที่อุณหภูมิต่ำเพียง 100 องศาเซลเซียส โลหะทั้งสองชนิดนี้จะแพร่ไปในชั้นของซิลิกอนจนกระทั่งอิ่มตัว ผลการจำลองกระบวนการแพร่ของอะลูมินัมในซิลิกอนตั้งแต่เริ่มต้นจนอิ่มตัวสอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่ของอะตอมแบบไม่คงตัว (nonsteady-state) และสามารถยืนยันได้ด้วยการวัด AES และภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่งผ่าน ส่วนการจำลองผลการแพร่ของเงินยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

113 หน้า

Copyright by Mahidol University

INVESTIGATION OF METAL DIFFUSION IN AMORPHOUS SILICON THIN FILM

WASUTEP LUANGTIP 4937730 SCPY/M

M.Sc. (PHYSICS)

THESIS ADVISORS : TOEMSAK SRIKHIRIN, Ph.D.,
PONGPAN CHINDAUDOM, Ph.D., SOMSAK DANGTIP, Ph.D.

ABSTRACT

Metal/silicon interface forms the basis of a large number of materials for the microelectronic industry. In addition to device applications, there is also basic interest in understanding diffusion processes relevant to the metal/silicon interface. The purpose of this work is to investigate the diffusion of metal into amorphous silicon (a-Si) thin film at the elevated temperature by in-situ spectroscopic ellipsometry (in-situ SE). Metal/a-Si interfaces, Al/a-Si and Ag/a-Si films, were prepared by RF, DC and DC Pulse sputtering. After heating the samples in vacuum and nitrogen atmosphere, diffusion of Al or Ag in the a-Si film was measured with temperature and time. The dynamic of the temperature induced diffusion process was investigated by SE modeling and simulation. The diffused layer was modeled by Bruggeman Effective Medium Approximation theory. For accurate data of a-Si, Al and Ag, the single layer film of these materials were separately prepared and analyzed. Furthermore, each film was also heated to study the effect of temperature on its optical properties.

The results show that Ag diffused into a-Si film at temperatures above 400ºC while Al diffused into a-Si film at temperatures as low as 100ºC. It was found that the diffusion of both metals continued until saturation, at which point the SE measurement became stable as the sample was held at high temperature. SE simulation of the diffusion of Al into a-Si film was carried out successfully and agreed with the prediction by nonsteady-state diffusion theory. Analyzing the atomic concentration, AES confirmed the metal diffusion at the interface after heating. TEM images also show the diffused layer in the heated sample in contrast with the sharp interface of the Pre-heated sample. However, SE simulation of heating Ag on a a-Si sample was not as successful as the Al/a-Si sample, probably due to added complications from the metastable phases of silver silicides included in the diffused layer and/or metal oxidation.

KEY WORDS : DIFFUSION / SPECTROSCOPIC ELLIPSOMETRY / SILICON / SILVER / ALUMINUM / SPUTTERING /

113 pp.

Copyright by Mahidol University