14 JUN 2002

TEMPERATURE CHARACTERISTICS AND APPLICATION OF HOME MADE FURNACE FOR RAPID THERMAL PROCESSING

KAMCHAI SINGHANUWAT

With compliments
of
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล

A THESIS SUBMITED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE (PHYSICS)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2002

ISBN 974-04-1534-2

COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

TH
K15t
2002
c.2

Copyright by Mahidol University

4036013 SCPY/M : MAJOR : PHYSICS ; M.Sc (PHYSICS)
KEY WORDS : RAPID THERMAL PROCESSING/ FURNACE
KAMCHAI SINGHANUWAT : TEMPERATURE CHARACTERISTICS AND APPLICATION OF HOME-MADE FURNACE FOR RAPID THERMAL PROCESSING. THESIS ADVISOR : TANAKORN OSOTCHAN, Ph.D., UDOM ROBKOB, Ph.D., 88 p. ISBN 974-04-1534-2

Rapid thermal processing (RTP) plays an important role in microelectronic industry to reduce manufacturing expense and unintentional defects on the wafers. In this thesis, home- made furnaces for RTP were designed, constructed and the thermal characteristics were examined. The developed furnace was further assembled to connect to the vacuum and gas supply system in order to rapidly heat the silicon wafer in controlled atmospheric pressure of nitrogen and oxygen gas.

Two models of RTP furnace were constructed by using the direct and reflective radiation from two tungsten halogen lamps of 1000W each. In the reflective furnace model, the reflector was made by coated aluminum with the cross section shape of two ellipses with one common focus point. This common focus point locates the sample tube while lamps were placed in the other focus point of each ellipse reflector. This furnace can raise the sample temperature up to only 400 °C. This is probably due to large distance between focus points and low reflection efficiency.

The second model of a constructed furnace with direct radiation can provide a sample temperature over 580°C within five minutes using the same tungsten halogen lamps. The graphite bar was employed for light absorption and then heat conversion. Two type K thermocouples were used to monitor and control the sample temperature. The thermocouple was calibrated with the uncertainty of ± 2.5 °C and the stability of the sample temperature of ± 2.0°C can be obtained with PID temperature controller. Since the temperature can rise rapidly, the measured temperature was collected over 340 values per minute by computer interface with our own developed program.

The silicon wafer was rapidly heated in the assembled furnace with gas system at various temperatures of 400, 450 and 500°C for 30 minutes in atmospheric pressure of nitrogen and oxygen. From the x-ray diffraction (XRD) examination, the silicon surface was modified when annealing at 500°C in nitrogen gas while the XRD peak of the heated sample at 500°C in oxygen exhibited a sharp silicon oxide peak on the top surface. Therefore the developed furnace can be used for rapidly annealing semiconductor wafers in a controller atmosphere.

Copyright by Mahidol University

4036013 SCPY/M : สาขาวิชา : ฟิสิกส์ ; วท.ม (วิทยาศาสตร์)

กำชัย สิงหานุวัฒน์ : สมบัติทางความร้อนของเตาเผาและการประยุกต์ใช้สำหรับกระบวนการที่ต้องการอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : ธนากร โอสถจันทร์, Ph.D., อุดม รอบคอบ , Ph.D., 88 หน้า. ISBN 974-04-1534-2

ในระบบการผลิตวงจรรวม ไมโครชิป (IC) ในระดับอุตสาหกรรมนั้น การทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (RTP) มีความสำคัญอย่างมาก ซึ่งทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการผลิตและลดปริมาณความบกพร่องที่เกิดขึ้นบนผิวของชิ้นงาน วิทยานิพนธ์นี้เป็นการออกแบบสร้างและการตรวจวัดลักษณะเฉพาะของเตาเผา RTP ต่อมาได้พัฒนาระบบเตาเผานี้ให้สามารถต่อกับระบบสุญญากาศและระบบของก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจน

ได้สร้างเตาเผา RTP เป็น 2 ลักษณะคือ เตาที่อาศัยหลักการสะท้อนรังสีจากหลอดไฟทังสเตน ฮาโลเจน ขนาด1000 วัตต์ จำนวน 2 หลอด และเตาชนิดที่ให้รังสีจากหลอดไฟไปยังชิ้นงานที่ต้องการเผาโดยตรง เตาเผาชนิดแรกที่อาศัยการสะท้อนรังสีนั้น ผนังของเตาเผาใช้วัสดุเคลือบอลูมิเนียม ด้วยภาคตัดขวางเป็นรูปวงรีสองรูป ที่มีจุดโฟกัสหนึ่งของแต่ละวงรีเป็นจุดร่วมกัน และจุดโฟกัสนี้จะใช้วางชิ้นงานที่ใช้เผา ซึ่งจะเป็นจุดรวมการสะท้อนรังสีจากหลอดไฟทั้งสอง เตาเผาชนิดนี้จะให้อุณหภูมิสูงสุดได้ประมาณ 480 องศาเซลเซียส เนื่องจากระยะห่างระหว่างจุดโฟกัสของแต่ละวงรีมีระยะมาก อีกทั้งการสะท้อนรังสีอาจไม่มีประสิทธิภาพดีเท่าที่ควร

เตาเผาชนิดที่สอง เป็นการออกแบบและสร้างเตาเผาให้มีการแผ่รังสีของหลอดไฟ ไปยังชิ้นงานที่ต้องการเผาโดยตรง ซึ่งสามารถให้ได้สูงถึง 580 องศาเซลเซียสในเวลาน้อยกว่า 5 นาที โดยใช้หลอดไฟชนิดเดิม แท่งกราไฟต์ได้ใช้เป็นเพื่อดูดกลืนแสงจากหลอดไฟและเปลี่ยนความร้อนให้แก่ชิ้นงาน ใช้เทอร์โมคัพเปิ้ลชนิดเคว้ดและควบคุมอุณหภูมิเตาเผาชนิดนี้ด้วยชุดควบคุมอุณหภูมิ PID จะได้ค่าความไม่แน่นอนในการวัดเป็น $\pm$ 2.5 องศาเซลเซียส และค่าความเสถียรภาพของอุณหภูมิเป็น $\pm$1.2 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เกิดจากอุณหภูมิของเตาเผาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจึงต้องต่อเครื่องวัดอุณหภูมิกับคอมพิวเตอร์และได้พัฒนาโปรแกรมเชื่อมต่อกับการวัดทำให้สามารถบันทึกข้อมูลการวัดได้ถึง 340 ครั้งต่อนาที

ได้ทดลองเผาแผ่นผลึกซิลิกอนในเตาเผาที่ต่อกับระบบควบคุมก๊าซที่ 400, 450 และ 500 องศาเซลเซียส ในก๊าซออกซิเจน และก๊าซไนโตรเจนเป็นเวลา 30 นาที โดยการตรวจสอบด้วยการเลี้ยวเบนรังสีเอกซเรย์ (XRD) พบว่าผลึกซิลิกอนที่เผาในก๊าซไนโตรเจนที่ 500 องศาเซลเซียสจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นที่ผิว เนื่องจากความเข้มของการเลี้ยวเบนที่มุมน้อยๆ เปลี่ยนไปในขณะที่ผลึกที่เผาในก๊าซออกซิเจนที่ 500 องศาเซลเซียส จะมีพีคของซิลิกอนไดออกไซด์ เกิดขึ้น

Copyright by Mahidol University