การศึกษาสมบัติทางกายภาพของโลหะไทเทเนียมชนิดฟิล์มบาง ซึ่งเตรียมโดยการสปัตเตอร์

นุชจิรา ดีแจ้ง*, สังวาลย์ เพ็งพัด*, สุปราณี พิสมัย*, สุทธินนท์ ขุนกอง*

Study of Physical Properties in Titanium Thin Films Prepared by Sputtering Method

Nuchjirad Dejang*, Sawan Penypan*, Subrane Pitsamil*, Sutthinon Kuntong*

* ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

* Corresponding author.E-mail address :nuchjirad@nu.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของไทเทเนียมชนิดฟิล์มบางที่เตรียมด้วยวิธีการสปัตเตอร์ โดยทำการสปัตเตอร์ด้วยหัว RF แมกนิตรอน ที่กำลัง 500 วัตต์ ที่ความดัน 10^{-3} มิลลิบาร์ อุณหภูมิแผ่นรองรับชิ้นงาน 250 องศาเซลเซียส ทำการเคลือบฟิล์มบางที่เวลา 20 นาที 40 นาที ความต้านทานฟิล์ม 280.0 และ 69.0 กิโลโอห์ม ค่าเกจแฟกเตอร์ 2.56 และ 2.09 ซึ่งทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพด้วยวิธีการแบบสเตรเกจ และเพิ่มแรงให้แก่คานที่มีฟิล์มติดอยู่ พบว่าแรงที่เพิ่มให้แก่คานทำให้ความยาวของฟิล์มมีค่าเปลี่ยนแปลงและยืดออก ΔL ส่งผลให้อะตอมของไทเทเนียมเกิดการจัดระเบียบให้สมดุลต่อแรงที่ยืดออก ทำให้ค่าความต้านทานมีค่าเปลี่ยนแปลงตามแรงที่เพิ่ม ค่าเกจแฟกเตอร์ที่ได้จะแปรตามความหนาและการเรียงตัวของอะตอมไทเทนียมบนของฟิล์มบาง

Abstract

Study of physical properties in titanium thin films prepared by sputtering method which RF Magnetron source Power 500 Watt in 10^{-3} mbar .The prepare substrate in 250^{0}C and coated in 20 and 40 minutes .The thin films of Titanium have resistanced 280.0 and 69.0 $k\Omega$ with gauge factor in films 2.56 and 2.09 respectively. The study of physical properties of thin films by strain gauge method, founded that resistance increase with force tension in films because the length ΔL have increased and the atom's titanium in thin films tried to arrangement with force tension. The gauge factors have related with deposition in thin films.

บทนำ

โลหะมีสมบัติทางด้านไฟฟ้าและสมบัติทางด้านอื่น ๆ หลายประการที่แตกต่างไปจากสารอื่นๆ เช่น สามารถบิดโค้งงอได้ มีความแข็งมาก มีความหนาแน่นมาก มีสภาพนำความร้อนและสภาพนำไฟฟ้าสูง สำหรับสมบัติทางด้านไฟฟ้านั้นเกิดจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคอิเล็กตรอนอิสระที่เรียกว่าอิเล็กตรอนตัวนำ (conduction electron) ที่สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระตลอดทั่วเนื้อโลหะ โดยจะมีค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 10^{-8}-10^{-5} โอห์ม-เมตร และเมื่อโลหะถูกทำให้อยู่ในสภาพของแผ่นฟิล์มบางๆ พบว่าสมบัติทางด้านไฟฟ้าและสมบัติทางด้านอื่นๆ เปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากว่าแผ่นฟิล์มบางที่เตรียมได้มีขนาดเล็ก (M. Sasase et al. 1996; S. Schiller et al. 1984) สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้สะดวก และกว้างขวางกว่าการใช้โลหะที่เป็น Bulk สำหรับไททาเนียม (Titanium, Ti) เป็นโลหะที่มี สมบัติในการนำไฟฟ้าได้ดี สมบัติดังกล่าวจึงนำไททาเนียมมาใช้ประโยชน์โดยการเปลี่ยนรูปทรงทางเรขาคณิต ที่ส่งผลให้ โครงสร้างหรือสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยน (A.L. Window 1989; Umesh Sinha 1997) ในงานวิจัยนี้ศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าของแผ่นฟิล์มบางไททาเนียมด้วยวิธีการแบบสเตรเกจ

วัสดุและอุปกรณ์และวิธีการ

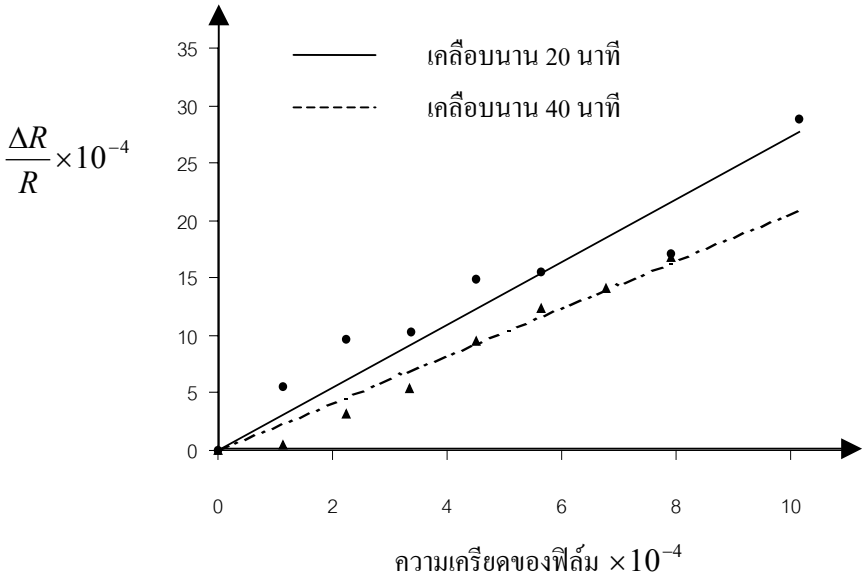
1. การเตรียมแผ่นรองรับ (Substrate) ที่ทนต่อความร้อนสูง นำแผ่นรองรับชิ้นงานที่มีขนาดกว้าง X ยาว = 31.00 X 63.00 มิลลิเมตร^2 มาล้างด้วยเครื่อง Ultrasonic bath ประมาณ 4 - 5 นาที นำหน้ากาก (mask) ที่เตรียมไว้มาวางทับลงบนแผ่นรองรับชิ้นงานและนำเทปใสมาติดด้านข้างเพื่อยึดให้แน่น โดยไม่เกิดการโก่งงอของแผ่นรองรับชิ้นงาน แล้วนำมายึดให้แน่นบริเวณแท่นวางแผ่นรองรับ

2. หน้ากาก ทำจากสแตนเลสหนา 1.5 มิลลิเมตร มีน้ำหนัก 6.8 กรัม ขนาด 31.00 X 63.00 X 0.05 มิลลิเมตร^3 ทำการเคลือบแผ่นฟิล์มบางด้วยเครื่อง Auto 306 Vacuum coating system ผลิตจากประเทศอังกฤษ ที่ความดัน 10^{-3} มิลลิบาร์ อุณหภูมิแผ่นรองรับชิ้นงาน 250 องศาเซลเซียส

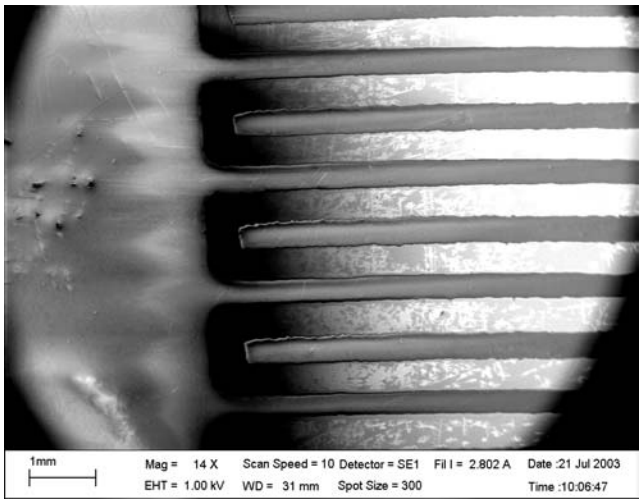
3. ขั้นตอนการเตรียมการทดสอบวัสดุด้วยคุณสมบัติทางไฟฟ้า นำชิ้นงานที่ได้นำกาวเงินที่มีความบริสุทธิ์ 99.99% ทาบริเวณปลายทั้ง 2 ข้าง เพื่อเชื่อมสายทองแดงวางนำแผ่นชิ้นงานวางบนคานเหล็กกับคานขนาด 30 X 300 X 3 มิลลิเมตร^3 ทดสอบสมบัติทางไฟฟ้าแบบสเตรนเกจและป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง รุ่น ZT3202 บริษัท Crotech 10 โวลต์ ที่อุณหภูมิ 27 องศาเซลเซียส เพิ่มมวลครั้งละ 100 กรัม ที่ปลายด้านหนึ่งของคาน และวัดแรงดันไฟฟ้าด้วยเครื่องดิจิตอลมัลติมิเตอร์ Fluke 45 บันทึกค่า แล้วนำมาคำนวณหาความต้านทาน และค่าเกจแฟกเตอร์ (gauge factor) (A.L. Window 1989; Umesh Sinha 1997)

4. นำแผ่นฟิล์มที่เคลือบแล้วมาส่งดูลักษณะพื้นผิวของแผนฟิล์มด้วยกล้องจุลทศรรน์อิเล็กตรอนรุ่น LEO 1455 VP ผลิตจากประเทศอังกฤษ

ผลการทดลองและวิจารณ์



รูป 1 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของความต้านทานของฟิล์มที่เปลี่ยนแปลงไปต่อความต้านทานก่อนการเปลี่ยนแปลง และความเครียด ของโลหะไทเทเนียมฟิล์มบางที่เวลาการเคลือบ 20 และ 40 นาที



รูป 2 ภาพถ่ายจากกล้องจุลทศรรน์อิเล็กตรอน ที่กำลังขยาย 14 เท่า

ตาราง 1 ผลการหาเกจแฟกเตอร์ (GF) (ชิ้นงานได้จากการสปัตเตอร์ ใช้ RF Power ขนาด 500 Watts)

เวลาในการสปัตเตอร์ (นาที)	ความต้านทานเริ่มต้น (กิโลโอห์ม)	สมการความสัมพันธ์ $\Delta R/R$ (y) และความเครียด ε (x)	เกจแฟกเตอร์เฉลี่ย (GF)
20	280.0	y = 2.562x	2.56
40	69.0	y = 2.0591x	2.09

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาโดยอาศัยหลักการของสเตรนเกจพบว่า เมื่อเพิ่มแรงที่กระทำลงไปยังคานที่ติดแผ่นฟิล์มไว้ คานเกิดการโค้งงอในขณะเดียวกันแผ่นฟิล์มก็เกิดการโค้งงอตามคาน ส่งผลให้ค่าความต่างศักย์ที่อ่านได้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของแรงที่กระทำต่อคาน ส่งผลให้ฟิล์มไทเทเนียมเกิดการบิดตัวหรือยืดออกของฟิล์มเป็นระยะ Δl ทำให้ค่าความต้านทานภายในฟิล์มมีค่าเปลี่ยนแปลงไปสอดคล้องกับลักษณะของเนื้อสารของฟิล์ม เมื่อเกิดการยืดออกของวัตถุจะทำให้ความหนาของวัตถุมีค่าลดลง ทำให้พื้นที่หน้าตัดของตัวนำมีค่าลดลง ทั้งนี้การยืดตัวของวัตถุจะทำให้เกิดโฟนอน (phonon) เกิดขึ้นภายในของฟิล์ม และจะรบกวนการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน (R. Abermann and R. Koch 1985; J.W.C. De Vries 1988) อะตอมของโลหะจะปรับตัวเพื่อรักษาสมดุลของของแข็งที่สัมพันธ์กับแรงจากภายนอกที่กระทำต่อวัตถุโลหะเมื่อแรงที่จ่ายให้เปลี่ยนแปลงไป ผลของการจัดสภาพใหม่นี้ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงมิติทางกายภาพ ซึ่งเรียกว่าการเปลี่ยนรูป (deformation) ของของแข็งอยู่ในรูปของค่าประสิทธิภาพ หรือ ความไวของการวัดของ สเตรนเกจ หรือ เรียกว่าค่าเกจแฟกเตอร์ ตาราง 1

เอกสารอ้างอิง

A.L Window . 1989. Strain Gauge Technology. 2nd ed. Elsevier Applied Science. Uk.

J.W.C. De Vries. 1988. Tempepature and Thickness Dependence of The Resistivity of thin Polycrystalline Aluminium, Cobalt, Nickel, Palladium, Silver and Gold Films. *Thin Solid Films*, 167. pp. 25-32.

M. Sasase, K. Miyake, T. Yamaki, I. Takano, S. Isobe. 1996. Surface morphology of Tio_x films prepared by an ion – beam – assisted reactive deposition method. *Thin Solid Films*, 281-282. pp. 431-435.

R. Abermann and R. Koch. 1985. The Internal Stree in thin Silver, Copper and Gold Films. *Thin Solid Films*, 129. pp. 71-78.

R. Koch. And R. Abermann . 1985. On the Influence of Thermal Effects on Internal Stress Measurements During and Deposition of Silver, Gold and Copper Films. *Thin Solid Films*, 129. pp. 63-70.

S. Schiller, U. eisig, G. Bester, K. Steinfelder, J. Stumpfel. 1984. Deposition of Hard Wear – resistant Coatings by Reactive D.C. Plasmatron Sputtering. *Thin Solid Films*, 118. pp. 255-270.

Umesh Sinha. 1997. *Electrical, Electronics Measurement & Instrumentation*. 6th ed., Vanita Printers.