Thesis Title Deposition of Metal-Doped Diamond-Like Carbon Film Using Dual Cathodic Arc Plasma Sources

Author Mr. Nitisak Pasaja

Degree Doctor of Philosophy (Physics)

Thesis Advisory Committee

Prof. Emeritus Dr. Thiraphat Vilaithong	Chairperson
Dr. André Anders	Member
Asst. Prof. Dr. Yu Liang deng	Member
Assoc. Prof. Dr. Dheerawan Boonyawan	Member

Abstract

Diamond-like carbon (DLC) which has high content of sp^3 bonding is called a tetrahedral amorphous carbon (*ta-C*). It is well known that a tetrahedral amorphous carbon can be synthesized by filtered cathodic arc carbon plasma. However, diamond-like carbon film has highly electrical resistivity and in order to apply them in some semiconductor applications it is necessary to have the resistivity decreased. To decrease the electrical resistivity, a technique to dope certain metallic elements into the carbon matrix structure was developed. This type of film was termed as metal-containing (or doped) diamond-like carbon (*Me-DLC*, *Me:a-C:H* and *ta-C:Me*). Some of the metals used as dopants to increase the electrical conductivity were W, Mo, Cr, and Ti.

In this work, Mo-containing tetrahedral amorphous carbon were synthesized by dual filtered cathodic vacuum arc with selective pulsed bias voltage (ion-species-selective bias). Here, the negative pulsed bias was only applied to the substrate when

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

the carbon plasma was present, to remove sputtering effect during deposition with metal ions. The aim was to deposit *ta-C:Mo* films whose conductivity is controlled by the applied substrate bias voltage. The sheet resistivity was measured to studies the electrical properties of *ta-C:Mo* films. These experimental found that the electrical resistivity of *ta-C:Mo* films decreases quickly when the ratio of Mo/C pulses is relatively insignificantly increased from 1/20 to 1/15. The distribution of Mo in *ta-C:Mo* film was confirmed by the Ruther backscattering spectroscopy technique. The visible Raman spectroscopy was used to investigate the structure of amorphous carbon films. One may conclude that it is not the amount of Mo that determines the conductivity but rather the changes in the structure of the carbon film that was observed by the visible Raman spectroscopy. The results from the Raman spectroscopy show that the electrical resistivity decrease can be attributed to an increase in sp^2 bonding content and the sp^2 cluster size.

The design and construction of a dual cathodic arc deposition system were under taken at the Fast Neutron Research Facility in Chiang Mai. The filtered cathodic arc was characterized with the use of a graphite cathode. The cathodic arc source was operated in pulsed mode with a 10-section, 0.7 Ω, pulse forming network (PFN) providing arc current exceeding 200 A which depends on the charging voltage. The arc pulsed current and pulse duration were measured by a homemade current transformer, to be 572 A with about -500 V charging voltage corresponding to the pulse duration of about 120 μs. The pulse repetition rate was controlled by a PIC program via computer control.

Finally, this work proposed the method to synthesize the metal-doped diamond-like carbon film with reduced electrical resistivity using dual filtered cathodic arc plasma sources using substrate bias, to control ions energy, and thus avoiding the problem of carbon sputtering from metal ion

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การตกสะสมของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรที่มีโลหะเจือโดยใช้แหล่งกำเนิดพลาสมาแบบแคโธดิก อาร์กคู่

ผู้เขียน นายนิติศักดิ์ ปาสาจะ

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศ. เกียรติคุณ ดร. ถิรพัฒน์ วิลัยทอง	ประธานกรรมการ
Dr. André Anders	กรรมการ
ผศ. ดร. ยู เหลียง เดิ้ง	กรรมการ
รศ. ดร. ธีระวรรณ บุญญวรรณ	กรรมการ

CHIANG MAI UNIVERSITY 1964

บทคัดย่อ

ฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรที่ประกอบด้วยสัดส่วนของพันธะคาร์บอนชนิด sp^3 จำนวนมาก มักถูกเรียกว่า เทรต ตระ ฮิ ดรัล อะมอร์ฟัลคาร์บอน ฟิล์มชนิดนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าสามารถเตรียมหรือสังเคราะห์ขึ้นมาโดยใช้แหล่งกำเนิดคาร์บอนพลาสมาแบบ แค โธดิค อาร์ค อย่างไรก็ตาม เนื่องจากฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรนี้มีค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าค่อยข้างสูง ทำให้มีอุปสรรคในการประยุกต์ใช้ในงานบางอย่าง เช่น ในการประยุกต์ใช้งานด้านสารกึ่งตัวนำ ดังนั้นเพื่อกำจัดอุปสรรคดังกล่าว จึงมีความพยายามที่จะลดค่าสภาพความต้านทานทางไฟฟ้าของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร วิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้คือ การเติมธาตุโลหะลงไปในฟิล์มคาร์บอนเพียงเล็กน้อย โดยไม่ให้กระทบสมบัติด้านอื่นๆของฟิล์ม ธาตุโลหะที่นิยมใช้ในการเติมลงไปในฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรเพื่อลดค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าได้แก่ ทังสเตน (W), โมลิบดินัม (Mo), โคบอล (Co) และ ไททาเนียม (Ti) เป็นต้น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในงานวิจัยนี้ ได้เสนอการเติมธาตุโมลิบดินัมลงในฟิล์มอะมอร์ฟัลคาร์บอน โดยใช้แคโธดิกอาร์กคู่แบบมีฟิลเตอร์สำหรับกรองอนุภาคขนาดใหญ่ออกจากพลาสมา และใช้เทคนิคการเลือกชนิดของไอออนที่ต้องการในการไปอัสด้วยเทคนิคนี้ ทำให้สามารถเลือกจ่ายแรงดันไปอัสให้กับวัสดุรองรับหรือชิ้นงานเฉพาะเมื่อพลาสมาของไอออนที่ต้องการตกกระทบ ในที่งานวิจัยนี้จะเลือกไปอัสเฉพาะเมื่อคาร์บอนพลาสมาทำงาน ทั้งนี้ก็เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาการสปัตเตอร์ของคาร์บอนฟิล์มอันเนื่องมาจากพลาสมาไอออนของโมลิบดินัม การควบคุมการจ่ายแรงดันไปอัสเป็นสิ่งจำเป็นในงานวิจัยนี้

ค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าในแนวราบ ถูกใช้เพื่อศึกษาสมบัติทางไฟฟ้าของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรที่เติมธาตุโมลิดินัม จากการทดลองพบว่า ค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่อเติมโมลิบดินัมในอัตราส่วนจำนวนพลัสส์ของโมลิบดินัมและคาร์บอนพลาสมาเพิ่มขึ้นจาก 1/20 ถึง 1/15 เทคนิคการวิเคราะห์การกระเจิงสะท้อนกลับแบบรัทเธอร์ ฟอร์ด ถูกนำมาใช้เพื่อยืนยันการกระจายตัวของโมลิบดินัมในฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชรและการวิเคราะห์สเปกตรัมรามันน์ จากแสงในย่านความถี่ที่มองเห็น ถูกนำมาใช้เพื่อศึกษาโครงสร้างของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร สิ่งที่สรุปได้จากการทดลองคือ การนำไฟฟ้าของฟิล์มคาร์บอนเกิดจากการเปลี่ยนภายในโครงสร้างของฟิล์มคาร์บอนมากกว่าการนำไฟฟ้าอันเนื่องมาจากโมลิบดินัมที่เติมลงไป ผลจากสเปกตรัมของรามันน์สามารถสรุปได้ว่า การนำไฟฟ้าของฟิล์มคาร์บอนมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของพันธะคาร์บอนแบบ sp^2 และขนาดของกลุ่มพันธะคาร์บอนแบบ sp^2 มีขนาดใหญ่ขึ้น

ในงานวิจัยนี้ได้ออกแบบสร้างและติดตั้งแหล่งกำเนิดพลาสมาแบบแคโธดิกอาร์กคู่ชนิดไม่ใช้ทริกเกอร์อิเล็คโทรดขึ้นที่อาคารวิจัยนิวตรอนพลังงานสูง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยแหล่งกำเนิดพลาสมาแบบแคโธดิกอาร์กโหมดการทำงานเป็นแบบพลัส์ อาศัยพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟแบบพลัส์ที่ทำงานบนหลักการพลัส์ฟอร์มมิ่งเน็ตเวอร์ค จำนวน 10 ชั้น ความต้านทานภายในเท่ากับ 0.7 โอห์ม ให้กระแสอาร์คเกิน 200 แอมป์ ขึ้นอยู่กับแรงดันที่จ่ายให้กับพลัส์ฟอร์มมิ่งเน็ตเวอร์ค มีความกว้างของพลัส์ประมาณ 120 ไมโครวินาที ในการทดสอบการทำงานของแหล่งกำเนิดพลาสมาได้เลือกใช้แกรไฟต์เป็นแคโธด และฟิล์มคาร์บอนถูกเตรียมที่กระแสอาร์คประมาณ 572 แอมป์ จำนวนพลัส์ถูกควบคุมโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

สุดท้ายนี้งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการเติมธาตุโลหะลงไปในระหว่างเตรียมฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร เพื่อลดค่าสภาพความต้านทานไฟฟ้าโดยใช้แหล่งกำเนิดพลาสมาแบบแคโธดิก อาร์กคู่ที่มีการเลือกลำดับการจ่ายแรงดันไฟลบให้กับวัสดุรองรับเพื่อควบคุมพลังงานไอออน และลดปัญหาการสปัตเตอร์ของฟิล์มคาร์บอนจากไอออนของโลหะ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved