Thesis Title Development of Diamond-Like Carbon and Zinc Oxide Coatings Technology of Cathode for Plasma Source Intensity Enhancement

Author Mr. Anumust Deachana

Degree Doctor of Philosophy (Physics)

Thesis Advisory Committee

Assoc. Prof. Dr. Dheerawan Boonyawan	Chairperson
Asst. Prof. Dr Banchob Yotsombat	Member
Asst. Prof. Dr. Mudtorlep Nisoa	Member

Abstract

In this research, a microwave plasma source of 2.45 GHz was constructed for diamond like carbon (DLC) study. The hydrogenated amorphous carbon (a-C:H) containing a large fraction of sp^3 bonds were synthesized by self-cathode coating in the microwave plasma source. The DLC as the cathode material have been proven to enhance the plasma intensity with increasing I_G factor of the DLC films. The threshold voltage of the enhancement is approximately 5-12 V and the current density is up to 240%. In addition, the contamination in the plasma source could be protected with the DLC cathodes.

Besides the DLC, the plasma enhanced atomic layer deposition (PE-ALD) system was designed and constructed for cathode coating. The plasma source was modified as the remote plasma of PE-ALD system. The oxygen-plasma of remote plasma has been investigated with the microwave power of 60-90 W and operated

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

with pressure of 306.6 Pa. By using optical emission spectroscopy (OES) at the source tube, the relative intensity of excited O atom species is dominantly shown with spectra lines of 777.4 nm ($3p^5P \rightarrow 3s^5S$), 844.6 nm ($3p^3P \rightarrow 3s^3S$), and 394.7 nm ($4p^5P \rightarrow 3s^5S$) respectively. The electron temperature and O_2 plasma densities were measured using the single Langmuir probe measurement. The plasma intensity and uniformity were improved by using multicusp field. Result in the ion density increases about 2 times to $6.48 \times 10^{11} cm^{-3}$ and smooth diverse decrement to strongly uniform about 10^9 cm^{-3} at downstream distance of 5.5 and 10 cm respectively. Finally, the well-controlled angstrom level of PE-ALD system has been demonstrated to deposits alumina ultra-high thin films with deposition rate of 0.94 °A per cycle. The stoichiometric and the thickness of alumina thin films were characterized with RBS and XPS respectively.

Additions, ZnOs for nano-structure of material coating improvement have been synthesized to coat cathodes with quasi-vertical-aligned ZnO nanorods shape needle like structure of varies diameter from 131.99 ± 23.87 to 418.17 ±75.50 nm and length about 1 μm. The aspect ratio of a nanorod is more than 14 which is a suitable shape for cathode coating technology.

Finally, this work proposed the method to synthesize the novel cathode materials for plasma intensity enhancement. The PE-ALD equipment and the ZnO performance could be utilized for further studies.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาเทคโนโลยีการเคลือบคาร์บอนคล้ายเพชร และ ซิงค์ออกไซด์บนแคโทดเพื่อเพิ่มความเข้มของแหล่งกำเนิดพลาสมา

ผู้เขียน นายอนุมัติ เดชนะ

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

รศ. ดร. ธีรวรรณ บุญญวรรณ	ประธานกรรมการ
ผศ. ดร. บรรจบ ยศสมบัติ	กรรมการ
ผศ. ดร. หมุดตอเล็บ หนิสอ	กรรมการ

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้ แหล่งกำเนิดพลาสมาไมโครเวฟความถี่ 2.45 เมกะเฮิรตซ์ได้ถูกสร้างขึ้นเพื่อทำการศึกษาคาร์บอนคล้ายเพชร(DLC) ไฮโดรจีเนตอะมอฟัสคาร์บอน(a-C:H)ที่มีสัดส่วนของพันธะ sp^3สูงได้ถูกสังเคราะห์ขึ้นโดยการเคลือบคาโทดของตัวมันเองในแหล่งกำเนิดพลาสมา คาร์บอนคล้ายเพชรที่ได้นี้ เป็นวัสดุสำหรับเคลือบคาโทดเพื่อการเพิ่มความเข้มของพลาสมา พบว่าความเข้มของพลาสมาได้เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของเฟคเตอร์ I_Gของฟิล์มคาร์บอนคล้ายเพชร ในการเพิ่มของเข้มของพลาสมานี้ ความหนาแน่นของกระแสได้เริ่มเพิ่มขึ้นเมื่อทำการไบเอส ประมาณ 5-12 โวลต์ และสุดท้ายความหนาแน่นของกระแสได้เพิ่มขึ้นถึง 240 เปอร์เซนต์ นอกจากนี้คาโทดที่เคลือบด้วยคาร์บอนคล้ายเพชร ยังสามารถป้องกันการปนเปื้อนในแหล่งกำเนิดพลาสมาได้ด้วย

นอกจากคาร์บอนคล้ายเพชรแล้ว ระบบ plasma enhanced atomic layer deposition (PE-ALD)ได้ถูกออกแบบ และทำการสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการเคลือบคาโทด โดยที่แหล่งกำเนิดพลาสมาได้ถูกพัฒนาไปเป็นรีโมทพลาสมา ในระบบนี้ออกซิเจนพลาสมาจากรีโมทพลาสมาได้ทำการมอนิเตอร์ ด้วยเครื่องมือ optical emission spectroscopy (OES) โดยทำการศึกษาที่กำลังของ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ไมโครเวฟ 60-90 วัตต์ และความดันเท่ากับ 306.6 ปาสคาล พบว่าความเข้มสัมพัทธ์ของชนิดของโครงสร้างอะตอมออกซิเจนในสภาวะที่ถูกกระตุ้นแล้ว เส้นสเปกตรัมหลักๆจากมากไปหาน้อย คือ สเปกตรัม777.4 นาโนเมตร ของการคายพลังงานในการลดระดับพลังงานของสถานะ $3p^5P$ ไปเป็นสถานะ $3s^5S$ สเปกตรัม 844.6 นาโนเมตร ของการคายพลังงานในการลดระดับพลังงานของสถานะ $3p^3P$ ไปเป็นสถานะ $3s^3S$ และสเปกตรัม 394.7 นาโนเมตร ของการคายพลังงานในการลดระดับพลังงานของสถานะ $4p^5P$ ไปเป็นสถานะ $3s^5S$ ตามลำดับ โดยการใช้หัววัดแบบ Langmuir เพื่อวัดอุณหภูมิของอิเล็กตรอน และความหนาแน่นของพลาสมา พลาสมาที่ได้จากการปรับปรุงด้วยสนามแม่เหล็กแบบหลายขั้วทำให้ได้ความหนาแน่นพลาสมาออกซิเจน 6.48×10^{11} cm^{-3} ที่ตำแหน่ง 5.5 เซนติเมตรเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่า และเปลี่ยนแปลงลดลงแบบช้าๆไปคงที่สม่ำเสมอที่ความหนาแน่นของพลาสมาประมาณ 10^9 cm^{-3} ที่ตำแหน่ง 10 เซนติเมตร ได้ทำการทดสอบระบบ PE-ALD โดยทำการสาธิตการเคลือบฟิล์มบางมากของอะลูมินาด้วยอัตราการเคลือบ 0.94 อังสตรอมต่อรอบ ซึ่งองค์ประกอบ โครงสร้าง และความหนาของฟิล์มบางอะลูมินาได้ทำการวิเคราะห์ ด้วยเทคนิคของ RBS และ XPS ตามลำดับ

นอกจากนี้ยังได้ทำการสังเคราะห์ซิงค์ออกไซด์(ZnO) เพื่อปรับปรุงโครงสร้างในระดับนาโนเมตรของวัสดุเคลือบคาโทด ZnO ที่ได้มีรูปร่างเป็นแบบ แท่งนาโน คล้ายเข็ม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางจาก 131.99± 23.87 ถึง 418.17±75.50 นาโนเมตร และยาว ประมาณ 1 ไมโครเมตร เรียงตัวกันแบบกึ่งตั้งตรง สัดส่วนของรูปทรงแท่งนาโนมีค่าสูงมากกว่า 14 ซึ่งเป็นรูปทรงที่เหมาะสมสามารถนำมาปรับปรุง หรือปรับเปลี่ยนสำหรับนำมาเคลือบคาโทดในการเพิ่มความเข้มของพลาสมาได้

สุดท้ายนี้งานวิจัยนี้ได้มุ่งเน้น วิธีการที่จะพัฒนา นวัตกรรมวัสดุคาโทด เพื่อการเพิ่มความเข้มของพลาสมา สำหรับเครื่องมือ PE-ALD และเทคนิคการสังเคราะห์ของ ZnO สามารถที่จะนำไปใช้ในการศึกษาในขั้นต่อไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved