

ECRプラズマによるナノダイヤモンド荷電交換フォイルの作成 Production of a Nanocrystalline Diamond Charge Exchange Foil by an ECR Plasma.

山中優¹, 粕谷俊郎¹, 吉本政弘², 坪内信輝³, Camille Faith Romero¹, 和田元¹
M. Yamanaka¹, T. Kasuya¹, M. Yoshimoto², N. Tsubouchi³, Camille Faith Romero¹, M. Wada¹

¹同志社大学大学院工学研究科, ²日本原子力研究開発機構, ³産業技術総合研究所

¹Graduate School of Engineering, Doshisha University, ²Japan Atomic Energy Agency,

³National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

1. 研究背景・目的

J-PARC等の大電力ビーム加速器の荷電交換には高信頼性・長寿命の荷電交換フォイルが必要とされる。高ビーム強度用のストリッパフォイルとして、核破砕中性子源(SNS)ではECRPECVD(Electron Cyclotron Resonance Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition)法でナノダイヤモンド薄膜を作成し、蓄積リングへのビーム入射に用いている。大強度加速器に対しては、特に高信頼性・長寿命のフォイルを使用することで、交換時間の間隔を増大するなど、運転効率の向上が見込まれる。ナノダイヤモンドは大面積化に対する費用効果が大きく、数多くの独特な長所を持っているので、成膜技術の向上が期待されている。従来、ナノダイヤモンド薄膜を作成するためにはメタン等の炭化水素ガスを用いてきた。本研究では、メタンを使わず加熱した固体炭素に水素を通し、炭素表面での化学スパッタリングを生じさせることにより、炭化水素ラジカルを供給して、ナノダイヤモンド薄膜を作成することを目的とする。

2. 実験装置開発

本研究で設計・製作したECR-PECVD装置の概略図をFig.1に示す。直径350 mmの容器壁面には熱シールドとして赤外線反射板が中心から90 mmの位置に固定されている。これは効率的な基板温度の上昇と容器壁面からのガス放出を抑える役割を果たしている。基板加熱にはφ6.0 mm, 長さ180 mmのタングステン線を使用し、2 mm×1 mmのシリコン基板を780 °Cまで昇温させることができる。また、基板近傍でのプラズマ密度の一様性を向上し、膜厚の均一化を図るため、ガス注入部の先端を外径50 mm, 内径38 mmのリング状とし、リングの下側に直径0.1 mmの放出口18個を設ける構造とした。磁場生成には内径83 mm, 外径158 mm, 高さ128 mmの電磁石を使用する。ガウスメーターで磁場分布測定をした結果、80 Aの電流を流すことでコイル中心部にECRプラズマに必要な875 Gの磁場を生成できる。

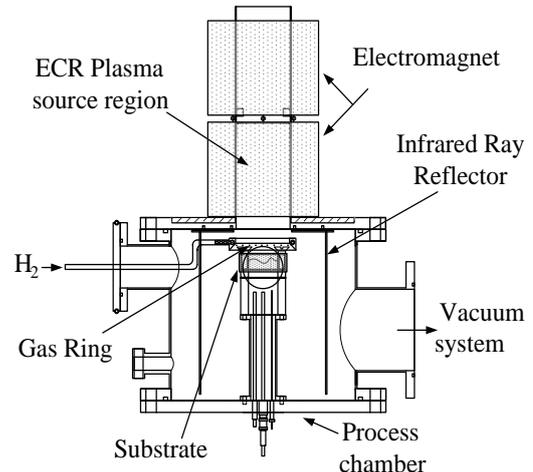


Fig.1 Schematic diagram of ECRPECVD.

3. アンテナ形状比較

本研究では同軸ケーブルを用いてマイクロ波を供給するため、形状の違う2種類のアンテナを用意した。Fig.2に写真を示す。一つは螺旋状に巻いたタングステン線(a), もう一方は渦巻状に巻いたニッケル線(b)である。化学スパッタ用炭素ターゲットを用いない状態で、アンテナ形状の差異による水素プラズマ発光スペクトル変化を分光器で測定中である。



(a) Helical antenna.

(b) Convoluted antenna.

Fig.2 Photograph of antenna.

4. 炭化水素ラジカル生成

水素放出リングの直下にφ80 mm, 厚さ1 mmの固体炭素円板を、リング内側にはφ33 mm, 厚さ2 mmの円柱固体炭素を固定し、基板加熱を利用して水素プラズマを照射することによって化学スパッタリングを生じさせ、炭化水素ラジカルを生成する。リング下流域のプラズマ領域に加熱したシリコン基板を設置し、炭素堆積率の定量的評価を行う。