

三角形状に波形変調した誘導熱プラズマを用いたダイヤモンド膜生成 および照射ラジカル量の変調波形依存性

Fabrication of Diamond Film using Induction Thermal Plasmas Modulated into Triangular-like Waveform and Dependence of Radical Fluxes on Modulation Waveform Shapes

金沢大院電子情報¹ ○堀田宗佑¹, 春多洋佑¹, 福澤未夢¹, 田中康規¹, 上杉喜彦¹, 石島達夫¹

Kanazawa Univ.¹ ○S.Horita¹, Y.Haruta¹, M.Fukuzawa¹, Y.Tanaka¹, Y.Uesugi¹, T.Ishijima¹

E-mail: me131063@ec.t.kanazawa-u.ac.jp, tanaka@ec.t.kanazawa-u.ac.jp

筆者らはこれまでに、矩形波状にコイル電流を変調するパルス変調誘導熱プラズマ (PMITP) を用いて、Si 基板表面上での多結晶ダイヤモンド膜生成実験をおこなってきた。その結果、変調時の方が無変調時より基板表面に一様に多結晶ダイヤモンド膜を生成できた [1]。さらに、照射される PMITP の分光観測から、変調時の方が C_2 分子や H 原子のスペクトル強度が大きく測定された。このため、 C_2 分子や H 原子の基板への照射量がダイヤモンド膜生成に強く影響していると考えている。本報告では、任意波形状誘導熱プラズマ (AMITP) を用いて Si 基板上に多結晶ダイヤモンド膜を生成した。変調波形を鋸波や三角波とし、それぞれの波形において変調度を様々に変更した。それによって、Si 基板に照射されるラジカル種・量の相対的变化を、分光観測および質量分析の手法を用いて詳細に調べた。Figure 1 に、三角形状に変調されたコイル電流波形の例を示す。三角形状の波形の相異を定義するために、立ち上がり継続時間比 Rising ratio(RR) を導入した。RR とは、変調波形一周周期の間で、コイル電流の振幅値が最低値 (LPCL) をとってから最高値 (HPCL) をとるまでの時間 Rising Time(RT) を変調周期 T_{cyc} で割った比、すなわち $RR=RT/T_{cyc} \times 100\%$ とした。また、コイルの電流振幅の比、すなわち $LPCL/HPCL \times 100\%$ を電流変調率 SPCL と定義した。変調周期を 15 ms として、この RR を 0, 25, 50, 75 および 100% と変え、SPCL も変更した。入力電力を調整し、Si 基板表面温度が約 1000 °C になるようにした。Figure 2 に、Ar/CH₄/H₂ AMITP (25%RR, 46%SPCL) の各時刻 t での分光観測結果を示す。コイル電流振幅が $(HPCL+LPCL)/2$ となる時を $t=0$ ms としている。コイル電流の変調に伴い、 C_2 , H α の放射強度が時間的に変動すること、強度が最大となる時刻が異なることが確認できる。Figure 3 に、 C_2 の放射強度を変調周期で積分した結果の SPCL および RR 依存性を示す。ここで放射強度の変調周期積分値は、変調一周あたりに基板に照射される励起粒子の数に比例する。同図より、72%SPCL 付近でいずれの RR においても放射強度積分値が最大となっていることがわかる。SPCL を小さくしていくと、RR の違いによる放射強度積分値の差が顕著に見られる。H α についても、RR が大きいときに放射強度積分値が大きいという傾向が確認された。Figure 4 に、質量分析計で検出した炭化水素 C_2H_2 のイオン電流値を示す。SPCL を小さく、すなわち大きく変調すると、 C_2H_2 のイオン電流値が増加することが分かる。また、RR が比較的小さいときに C_2H_2 のイオン電流値が大きいことも分かる。本結果から、コイル電流の変調波形を変えることにより、基板に照射される励起 C_2 分子、励起 H 原子および炭化水素系ラジカル量が変化し、それがダイヤモンド膜成長の促進に影響を与えていると考えている。

[1] Y.Haruta et al., *J.Phys. Conf. Ser.* **441**, 012017 (2013)

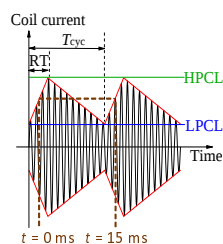


Figure 1: Coil current modulated into triangular-like waveform.

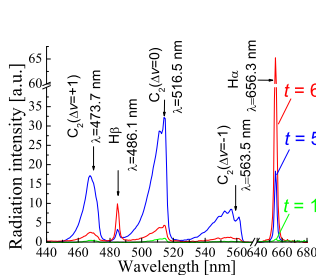


Figure 2: Emission spectra from Ar/CH₄/H₂ AMITP (25%RR, 46%SPCL).

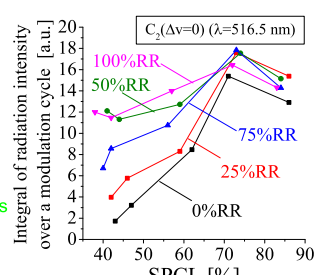


Figure 3: Dependence of integrated radiation intensity over a modulation cycle on SPCL.

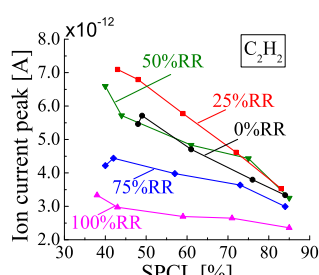


Figure 4: Dependence of ion current peak on SPCL.