

自己評価報告書

平成 23年 4月 18日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究 (A)

研究期間：2008 ~ 2012

課題番号：20684027

研究課題名 (和文)

プラズマプロセスの制御によるアモルファス炭素膜の揺らぎのない成膜プロセスの創成

研究課題名 (英文)

Development of the smart deposition process of amorphous carbon films due to the control of plasma process

研究代表者

篠原 正典 (SHINOHARA MASANORI)

長崎大学・生産科学研究科・助教

研究者番号：80346931

研究分野：プラズマ科学(プラズマ-表面相互作用)

科研費の分科・細目：プラズマ科学・プラズマ科学

キーワード：反応性プラズマ、プロセス診断、プラズマ-固体表面相互作用、プラズマプロセス制御、アモルファス炭素膜

1. 研究計画の概要

(1) ダイヤモンドライクカーボン(DLC)に代表されるアモルファス炭素膜は、一般に、プラズマプロセスで形成され、すでに機械部品のコーティングなど産業面で盛んに応用されている。しかし、実際にはプラズマプロセスを制御できず、製品にはばらつきが発生し、実用化が進まないものさもある。この原因として、これまでプラズマプロセスの物理・化学的側面を十分に明らかにされてこなかったことが挙げられる。そこで、「プラズマプロセスによるアモルファス炭素膜の成長メカニズムを明らかにした上で、時々刻々変化する反応性プラズマプロセスを制御する方法を世界に先駆けて提示する」ことが目的である。

(2) プラズマ中でも表面およびその近傍での反応が計測可能な多重内部反射型赤外吸収分光法を備えた実験装置を構築する。この装置には、気相診断もできるように、発光分光などの気相診断もできるようにする。

(3) プラズマ中およびプラズマ-固体表面の相互作用について分光法を用いて計測する。

(4) 膜質を様々などを用いて解析し、プラズマ条件との関係を調べる。

2. 研究の進捗状況

(1) プラズマ中でも表面反応が測定可能な多重内部反射赤外分光法を備えた反応分析装置を開発できた。さらに、発光分光等のプラズマ診断もできるようにすることで、本研究に必要な装置の準備ができた。

(2) プラズマ中での生成種をかえて実験を行うために、メタンとアセチレンを原料として選び、その反応プロセスを調べた。まず、メ

タンプラズマの反応過程について調べた。特に、基板温度依存性について調べた結果、基板温度の上昇とともに、膜の成長速度は低下するとともに、膜中の水素の脱離も促進されることが分かった。次に、アセチレンプラズマを原料として用いた場合についても調べた。原料分子がプラズマ中で分解された炭素原子群の重合体が表面で吸着し合うため、膜成長が進むにつれて膜中の炭素の結合状態が3重結合から単結合へと変化していく様子を計測できた。さらに、バイアスを印加して成膜すると、バイアスによりイオン成分が多く引き寄せられる結果、膜中には多くの2重結合を持った成分が形成されることが分かった。

(3) 水素プラズマによるアモルファス炭素膜の水素化、およびその効果の基板温度依存性を調べた。基板温度の上昇は、エッチング効果の上昇とともに、膜中の水素を脱離させる効果も大きいという成長メカニズムにも大きく関わる新たな知見を見出した。

(4) 酸素プラズマ曝露によるアモルファス炭素膜の親水性の向上およびそのメカニズムについても調べた。膜中の水酸化基の量が增大するとともに膜の親水性も増大していくことが、赤外分光法と接触角の計測から分かった。さらに、赤外分光法を用いて膜中の水酸化基の量をモニタリングすることで、親水性が最大となるプロセスを決定できることを示した。

3. 現在までの達成度

①計画以上に進展している。

(1) 装置の構築に成功し、アモルファス炭素膜の成膜プロセスの解明に成功している。こ

れまで、実験的には明らかにされることのないままに成膜過程の計測に成功しメカニズムの解明に大きな貢献をした。

(2)アモルファス炭素膜への水素プラズマおよび酸素プラズマの曝露の基板温度依存性を調べ、基板温度上昇による水素の引き抜き効果の増大を明らかにできた。このことは、これまでは基板温度の上昇とともに、水素のエッチング効果が増大することのみが知られてきたのに対して、基板温度の上昇によって膜の化学結合状態も変化することを示している。これまでの通説と異なる結果を示すことができ、アモルファス炭素膜の成膜に与える意義は大きい。

4. 今後の研究の推進方策

(1)水素プラズマ・酸素プラズマ曝露の基板温度依存性に対して、論文にまとめ英文雑誌にできるだけ早く投稿する。

(2)アモルファス炭素膜の成膜にメタン・アセチレンなどの分子量が比較的小さい分子を用いてきたが、分子量の大きい分子を用いて実験を行う。これにより、プラズマ中のラジカルの分子量を大きくかえることができ、分子量の大きい高次元ラジカルの反応プロセスを調べることが可能である。ここから、分子自体の持つ機能を壊さないで膜の特性に付加させたアモルファス炭素膜の成膜プロセスを創成する。

(3)これまでの結果をもとに、アモルファス炭素膜の成膜プロセスおよび表面改質プロセスを総括するとともに、新たなアモルファス炭素膜の機能を用いた新たな応用先について提案する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

1. M. Shinohara, 他 7 名 (1 番目), “Infrared Spectroscopic Study on Hydrogen Plasma Induced Surface Reaction”, Proceedings of TENCON 2010, **査読有**, (2010) pp.1948-1950.
2. M. Shinohara, 他 7 名 (1 番目) “Substrate Bias Effects on Amorphous Carbon Film Deposition Process during Acetylene Plasma, Investigated with Infrared Spectroscopy” Trans. of MRS-Japan, **査読有**, vol. 35 (2010) pp. 563-566.
3. 篠原正典, 他 8 名 (1 番目), “アセチレンプラズマを用いたアモルファス炭素膜の成膜過程の赤外分光解析” 表面科学, **査読有**, Vol.31 (2010) pp. 400-404.
4. M. Shinohara, 他 7 名 (1 番目) “Difference of deposition process of

an amorphous carbon film due to source gases” Thin Solid Films, **査読有**, Vol. 518, (2010) pp. 3497-3501.

5. M. Shinohara, 他 7 名 (1 番目), “Substrate temperature effects on amorphous carbon film growth, investigated by infrared spectroscopy in multiple internal reflection geometry” J. Vac. Sci. and Technol. A, **査読有**, Vol. 27 (2009) pp.813-817.

[学会発表] (計 57 件)

1. 篠原正典, 「プラズマプロセスの赤外分光解析」, 「原子分子光の素過程とプラズマ分光の研究フロンティア」 「原子分子データ応用フォーラムセミナー」 合同研究会, 2011 年 2 月 4 日, 岐阜県核融合科学研究所 (招待講演).
2. M. Shinohara, “Infrared spectroscopic study on substrate bias effects on amorphous carbon deposition process during acetylene plasma”, 7th International Conference on Reactive Plasma, 28th Symposium on Plasma Processing, and 63rd Gaseous Electronics Conference, 2010 年 10 月 6 日, Paris-France.
3. M. Shinohara, “Investigation of amorphous carbon film deposition process” 1st International Workshop on Plasma Sciencetech for All Something, 2010 年 5 月 15 日, Beijing-China (招待講演).
4. M. Shinohara, “Difference of deposition process of an amorphous carbon film due to source gases” 22nd Symposium on Plasma Science for Materials 2009 年 6 月 16 日, 東京大学山上会館
5. M. Shinohara, “Investigation of growth mechanism of diamond-like carbon film”, 55th International symposium of American Vacuum society, 2008 年 10 月 21 日, Boston-USA.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 親水性炭素質膜の製造方法及び製造装置

発明者: 中谷達之、新田祐樹、篠原正典、藤山寛

権利者: 長崎大学、トーヨーエイトック (株)

種類: 特許

番号: 特願 2009-115707

出願年月日: 2009 年 5 月 12 日

国内外の別: 国内