

高密度・高電離度メタルプラズマの発生と利用に関する調査専門委員会

プラズマ技術委員会

1. 目的

固体種、特にメタルを含むプラズマは、半導体および磁気デバイスの製造、金型および工具への硬質コーティングなど、エレクトロニクス分野、機械材料分野における機能性薄膜の形成のための重要なツールである。また単なるメタル成膜にとどまらず、各種メタルの酸化物、窒化物、炭化物など複合膜の形成に展開している。メタルプラズマ源として現在の主力であるマグネトロンスパッタ源には、電離度が数%以下と低く、反応性に乏しいという問題があり、より高性能の複合膜の形成のために改善が求められている。一方、大電力パルス技術を背景とした大電力パルススパッタ源（HPPS）の研究が近年進展しており、電離度および反応性の高いメタルプラズマの発生と応用が可能になりつつある。しかし、高密度・高電離度メタルプラズマ源の研究は、これまで欧米が中心で国内では研究の緒に就いたところであり、この分野の調査研究を進めて、早急に国内研究を活性化することが必要と考えられる。一方、スパッタプラズマ源以外にも、真空アーク放電を利用したアークイオンプレーティング法、レーザーアブレーション法などが利用に供されており、こうした異なるメタルプラズマ発生法の特徴、利害得失を整理しておくことは、放電・プラズマ工学の発展に寄与すると同時に、プラズマ表面改質や薄膜形成などに関係する研究者・技術者にとっても有用と思われる。

さらに、平成18年度から20年度にかけて「メタルスパッタプラズマの高度化調査専門委員会」（委員長：中部大学、中村圭二教授）が組織され、メタルスパッタの基礎と応用に関する調査研究を進めてきたが、最近の高密度・高電離度メタルプラズマの発展の調査研究に関しては途上にあり、継続して調査研究を進める必要がある。また利用分野・方法においても、メタルの酸化物、窒化物、炭化物など多様な拡がりを見せており、これらの分野を俯瞰することは、プラズマ研究者の今後の研究展開にとっても有意義と思われる。

以上を整理すると、提案する調査専門委員会は、「メタルスパッタプラズマの高度化調査専門委員会」（18～20年度）の成果の上に、特に高密度・高電離度メタルプラズマの発生と利用に関する放電・プラズマ技術の特徴、動向、将来展望について調査し、関連する国内研究の活性化を図ることを目的とする。

2. 内外の趨勢

成膜や表面改質のためのメタルプラズマ発生法として、PVD法とCVD法の2種類が知られている。PVD法(物理気相堆積法)は、加熱または粒子スパッタリングで固体金属を気化し、さらに発生した金属蒸気に電界を加えて放電プラズマを発生する方法である。つまり、固体から気体、気体からプラズマへと2段階を経て金属プラズマを得る方法である。一方、CVD法(化学気相堆積法)は、金属種を含む有機金属ガス中で放電を起こし、金属プラズマを得る方法である。CVD法は固体金属の気化を必要としないのでPVD法に比べてエネルギー効率が低いことと、気体の高い拡散性のために、複雑な表面形状の基材でも一様に成膜できる(膜の付まわりが良いという)利点がある。しかし、有機金属ガスは一般に猛毒であり、最近では世界的に使用が規制されつつある。また排ガス処理には多大のコストがかかる。さらに、マトリクスであるCやHが不純物として悪影響を及ぼすという根本的な問題もある。そこで、本委員会では、PVD法を調査対象とすることになっている。

PVD法の中で最も一般的な手法がマグネトロンスパッタである。磁場で電子を閉じ込めるため放電が安定し、直径1インチの小口径からフラットパネル用メートル級レーストラック型スパッタ源まで、スケラビリティが確立している。それでも電離度は数%以下と低く、主たる堆積種は金属原子およびクラスターであるため、堆積膜の緻密性や基板との密着性が十分でない問題がある。1999年スウェーデンとロシアの研究グループはマグネトロンスパッタを大電力パルスで駆動すると、アーク転移なしに電離度の高いメタルプラズマが生成されることを示した。大電力パルススパッタ(HPPS)と呼ばれる。HPPSでは、金属イオンがターゲットをスパッタし、金属蒸気を供給することによって放電を持続することが可能である。これを自己スパッタといい、Arスパッタガスを供給しないので、高純度・高電離度の金属プラズマを供給できる。そのため、HPPSは反応性蒸着による高純度で緻密な化合物薄膜の形成やイオン注入用ビーム装置のメタルイオン源としても有望であり、関連研究が拡大している。

現在、研究の中心は、スウェーデン、イギリス、ドイツをはじめとするヨーロッパであり、既に大型コーティング装置への実用化が進んでいる。最近では、北米はじめ南米、アジアにも急拡大している。わが国では、同志社大学のグループが研究を進めてきたが、まだ研究人口は少ない。本調査専門委員会を核に研究グループを組織して大電力パルススパッタの現状把握、将来展望について調査し、当該分野におけるわが国の研究を活性化する必要がある。

3. 調査検討事項

- ・大電力パルススパッタ法によるメタルプラズマの発生機構
(実験, 理論, シミュレーション)
- ・大電力パルススパッタ法における電源技術
- ・メタル複合プラズマの利用
- ・その他のメタルプラズマ発生法

4. 予想される効果

- ・メタルプラズマあるいはメタルイオンの発生は、表面改質技術、コーティング技術の重要な要素であり、メタルプラズマの最新技術を俯瞰する本委員会の成果は、電気電子系研究者・技術者だけでなく、メタルプラズマを利用する機械系、材料系の研究者・技術者にも有用である。
- ・これまで個別に活動してきた研究者および技術者が、本委員会で定期的に会合して総合的な調査研究を行うことにより、メタルプラズマ発生技術を横断的かつ大局的に見ることができ、技術的課題、将来展望がより明瞭になる。また、新たな応用分野が見いだされる可能性がある。
- ・大電力パルススパッタは有望なコーティング技術であり、世界規模で研究活動が拡大しているが、わが国の研究人口はまだ少ない。本委員会を核に新たに研究グループを組織することによって、当該分野におけるわが国の研究を活性化することができる。

5. 調査期間

平成22年4月1日から平成25年3月31日までの3年間

6. 委員会の構成 (18名)

池畑隆 (茨城大学、委員長)
高木浩一 (岩手大学)
佐藤直幸 (茨城大学、幹事補佐)
中森秀樹 ((株) ナノテック)
平塚傑工 ((株) トッケン)
横田達也 ((株) 平和電源)
中野武雄 (成蹊大学、幹事)
須田善行 (豊橋技術科学大学)

中尾節男 ((独)産業技術総合研究所)

中村圭二 (中部大学)

小田昭紀 (名古屋工業大学)

行村建 ((独)産業技術総合研究所)

比村治彦 (京都工芸繊維大学)

宗政淳 ((株)神戸製鋼所)

赤松浩 (神戸高等工業専門学校)

東欣吾 (兵庫県立大学、幹事)

田中武 (広島工業大学)

大津康德 (佐賀大学)

7. 活動予定

委員会 4回/年

幹事会 2回/年

8. 調査結果

本委員会での調査によって得られた結果は、電気学会技術報告書としてまとめる予定である。