

原料ガスの有効利用を目的とした 低圧 Ar/CH₄ プラズマ特性に及ぼす投入電力依存性の数値解析 Numerical analysis of power dependence on properties of low-pressure Ar/CH₄ plasma for effective utilization of raw material gas

千葉工大¹, 岐阜大² ○(B)石原 卓也¹, (M2)佐々木 瞬¹, 小田 昭紀¹, 上坂 裕之²

Chiba Inst. Technol.¹, Gifu Univ.²,

○Takuya Ishihara¹, Shun Sasaki¹, Akinori Oda¹, Hiroyuki Kousaka²

E-mail: s19A4011js@s.chibakoudai.jp

1. 背景

近年、持続可能な開発目標(SDGs: Sustainable Development Goals)が掲げられており、環境負荷を軽減する開発が国際的に進められている^[1]。炭素膜の成膜法において、均一な成膜や低温で成膜可能などの利点から炭化水素ガスを原料ガスとしたプラズマCVD(Cheical Vapor Deposition)法による成膜が多く用いられている^[2]。しかし、現在のプラズマプロセスにおいて、DLC(Diamond-Like Carbon)膜などの工業分野では廃棄されるガス中に温室効果ガスであるCH₄が含まれているという課題がある。また、半導体産業分野では世界全体の半導体の需要の拡大や半導体の微細化に伴い、消費電力の高さが課題として挙げられている。そのため、低電力でプラズマを生成し、温室効果ガスの排気量を抑えたプラズマプロセスが求められている。

今まで我々は、低圧高周波 Ar/CH₄ プラズマのシミュレーションモデルを構築し、その特性について解析を行ってきた^[3]。本報告では、投入電力の変化による排気ガスと電極への入射粒子についての影響を解析したので報告する。

2. 解析手法

本研究では、低圧高周波 Ar/CH₄ プラズマの空間一次元流体モデルを用いて以下の条件で解析を行った。計算モデルおよび計算条件を Fig.1 に示す。直径 10 cm の 2 枚の金属電極を電極間距離 3 cm の間隔を空けて平行に配置した。その上で、駆動周波数 13.56 MHz、電圧振幅 100 V の正弦波交流電圧を印加し、ガス温度は 300 K 一定と仮定した。その際、原料ガスである Ar/CH₄ ガスをガス流量 20 sccm(Ar : 18 sccm, CH₄ : 2 sccm)で流入させ、ガス圧力が 133 Pa 一定となるように排気を考慮した。また、投入電力を 10-1000 W で変化させた。その際に、投入電力を 10-100 W, 100-1000 W のそれぞれ 10 W 刻み, 100 W 刻みで解析を行った。本モデルでは、33 種類の粒子種と 117 種類の反応過程を考慮し解析を行った。

3. 結果及び考察

Fig.2 に 1 周期あたりに排気される粒子の投入電力依存性を示す。本図より、投入電力を増加させると、原料ガスである CH₄ の排気される量は減少傾向を示

す。これは投入電力の増加に伴い、プラズマ中で CH₄ の分解が促進されたためであると考えられる。また、投入電力 10-200 W においては CH₄ の排気数が約 1/50 に減少している一方で、200-1000 W での排気数の変化は小さくなっている。その他結果については講演当日に報告する。

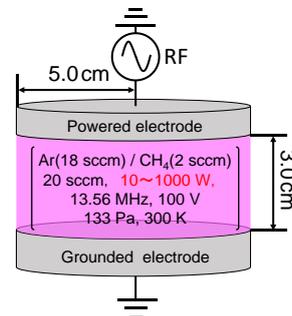


Fig.1 Schematic diagram of low-pressure radiofrequency Ar/CH₄ plasma model.

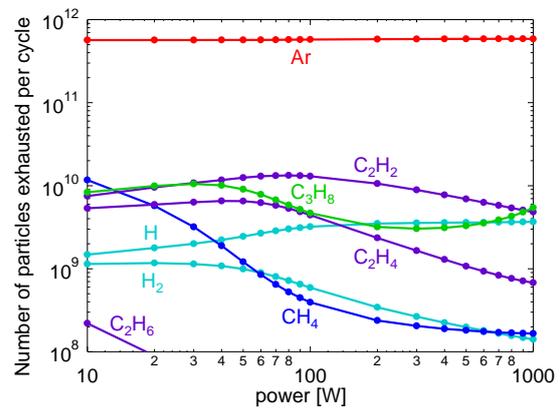


Fig.2 Power dependence of particles pumped per cycle.

文 献

- [1] unicef, https://www.unicef.or.jp/kodomo/sdgs/17goals/13-climate_action/, 2022-09-27 参照
- [2] 森口秀樹, 大原久典, 辻岡正憲, "DLC 製造プロセスの歴史とその応用", <https://sei.co.jp/technology/tr/bn188/pdf/sei10876.pdf>, 2023-01-03 参照
- [3] 小田昭紀, 上坂裕之: 電気学会論文誌 A(基礎・材料・共通部門誌) Vol. 134, No. 1, pp. 53-59(2013)