

高圧マイクロ波水素プラズマ中の原子状水素密度 —アクチノメトリによる相対密度変化の検討—

Actinometric Investigation on Relative Change of Atomic Hydrogen Density in High-Pressure Microwave Hydrogen Plasma

阪大工¹, 阪大院工², JST CREST³, [○]山田 高寛¹⁻³, 平野 達也¹, 山田 浩輔², 大参 宏昌¹⁻³
垣内 弘章¹⁻³, 安武 潔¹⁻³

Osaka Univ.¹, JST CREST², [○]Takahiro Yamada^{1,2}, Tatsuya Hirano¹, Kosuke Yamada¹,
Hiromasa Ohmi^{1,2}, Hiroaki Kakiuchi^{1,2}, and Kiyoshi Yasutake^{1,2}

E-mail: yamada.takahiro@prec.eng.osaka-u.ac.jp

太陽電池用 Si の原料として利用可能な高純度 SiH₄ の新規な製造方法を開発する目的から, 我々は金属級 Si の水素プラズマエッチングについて研究している[1]. 水素プラズマは, 高圧力条件下でマイクロ波励起により高密度に発生させている. そのような水素プラズマにおける原子状水素 (H) 密度の制御は, 効率的な SiH₄ 発生を実現する上で非常に重要である[2,3]. 前回, カロリメトリに基づいて, 電力の供給と消費の詳細な測定から H 密度 ([H]_{cal}) を決定した[4]. 今回は, 得られた[H]_{cal}の有効性を検証するため, アクチノメトリによる H 密度の相対変化について検討したので報告する.

2.45 GHz マイクロ波水素プラズマは, パイプ状 SUS 電極とダミー基板 (Cu) 間において発生させた. 水素ガスはパイプ状 SUS 電極から 700 cc/min の流量で導入した. 投入電力は 83~177 W の範囲で適用した. このとき, プラズマ体積を一定に維持するため, 処理圧力も同時に 90~160 Torr の範囲で変化させた. 1%Ar ガスはアクチノメータとしてプラズマ中に導入された.

図 1 に, 発光分光測定から得られた発光輝線: $I_{H\alpha}$ (656.3 nm) と I_{Ar750} (750.4 nm) の強度変化を示す. 投入電力および処理圧力の増加にともなって, $I_{H\alpha}$ は単調に増加した. この結果は, 同条件における[H]_{cal}の増加傾向と良く一致している. 一方で, I_{Ar750} は反対に減少することがわかった. また, 平均的な電子温度の変化を表す $I_{H\beta}/I_{H\alpha}$ はほぼ一定であった. これらの結果は, 電子エネルギー分布関数における高エネルギー側の裾野部分が Maxwell 分布から逸脱していることを示唆している. 特に, $I_{H\alpha}$ の増加および I_{Ar750} の減少傾向は, 両電子衝突励起断面積の閾値エネルギー: $H_{\alpha}=12.07$ eV,

$Ar_{750}=13.48$ eV の差に起因した高エネルギー電子のエネルギーの減少と密度増加の結果であると考えられる. これは本研究のような高圧力条件においてアクチノメトリを適用する場合, H_{α} 線と Ar_{750} 線の組み合わせが必ずしも適当でないことを示している. 発表当日は, Ar 以外に Kr を用いて, 閾値エネルギーの十分に近い他の発光線の組み合わせについても報告する.

[1] H. Ohmi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **50** (2011) 08JD01.

[2] T. Yamada *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **51** (2012) 10NA09.

[3] T. Yamada *et al.*, Plasma Chem. Plasma Process. **33** (2013) 797.

[4] 山田他, 2014 年春季応物講演会 19a-PA3-2.

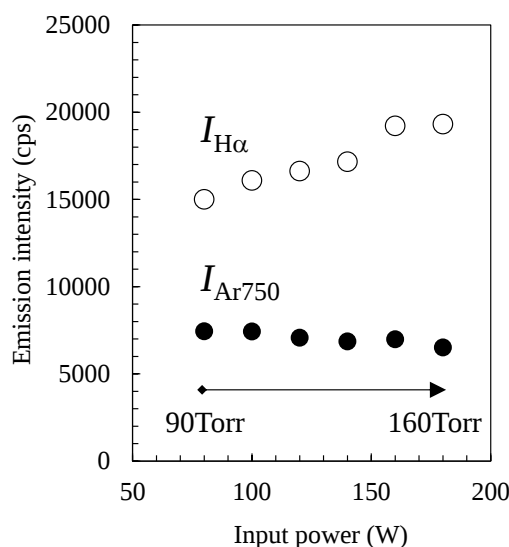


図1 $I_{H\alpha}$ と I_{Ar750} の強度変化