

SiH₄/H₂系プラズマ中の非発光 H 原子の重要性Importance of Non-emissive Hydrogen Flux on Plasma Process for SiH₄/H₂ System

パナソニック株式会社 ○片山 博貴, 吉田 功, 矢田 茂郎, 寺川 朗

Panasonic Corporation, Hiroataka Katayama, Isao Yoshida, Shigeo Yata and Akira Terakawa

E-mail: hiroataka.katayama@jp.panasonic.com

【背景】 薄膜Si製膜には、SiH₄原料ガスに対するH₂希釈 (SiH₄/H₂) が重要である。SiH₄/H₂系プラズマ中には非発光H原子と発光H原子があり、一般に発光H原子の挙動は発光分光法を用いて解析される。これに対して、直接、製膜に影響を及ぼす非発光H原子の挙動は、非発光であるため発光分光法での解析は難しく、真空紫外吸収分光法^[1]を用いて解析出来る。我々は、さらに詳細に非発光H原子の挙動を解析するために、プラズマ中の空間分布及び入射フラックスの定量化を可能とする高圧SiH₄プラズマシミュレータ(High Pressure SiH₄ Plasma Simulator : HiP-SPS)を開発した^[2]。本研究ではプラズマ診断技術を駆使してSiH₄/H₂系プラズマ中のHラジカル挙動の圧力依存性を調べた。実験データから発光Hと非発光Hの挙動は必ずしもプロセス圧力に対して連動しないことが判っている^[3]。今回、非発光Hラジカルが製膜に及ぼす影響を物理モデル化した。

【実験】 平行平板型 CVD 装置を用いた製膜条件は、周波数 60 MHz, 投入パワー密度 0.7 W/cm², 電極-基板間距離 10 mm, SiH₄ 流量 8 sccm, H₂ 流量 130 sccm, プロセス圧力 6 Pa, 1,000 Pa とした。基板温度は 200 °C である。

【結果と考察】 Fig.1 にプロセス圧力と製膜速度(計算値, 実験値)との関係を示す。Fig.2 はプロセス圧力とラジカルフラックス(Γ_{SiH_3} , Γ_{H})との関係である。プロセス圧力と製膜速度を比較した結果、高圧プロセスでは、製膜速度が計算 < 実測、低圧プロセスでは計算 \approx 実測であった。また、プロセス圧力とラジカルフラックスを比較した結果、高圧プロセスでは、ラジカルフラックスが $\Gamma_{\text{SiH}_3} < \Gamma_{\text{H}}$ であり、低圧プロセスでは $\Gamma_{\text{SiH}_3} \approx \Gamma_{\text{H}}$ であることが判った。以上の結果から、高圧プロセスにおける計算で求めた製膜速度と実測した製膜速度の差はシミュレーションでは反映出来ない膜エッチングあるいは付着係数の低下であると考えられる。また基板入射 Γ_{H} の量が Γ_{SiH_3} の約 3 倍であることが判り、エッチングやダングリングボンドのターミネート促進に Γ_{H} が寄与している可能性を見出した。つまり、SiH₄/H₂系プラズマ中における Γ_{H} は Γ_{SiH_3} が飛来する表面状態を決定する上で極めて重要なラジカルであると言える。

本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託を受けて、次世代多接合薄膜シリコン太陽電池の産学官協力体制による研究開発において太陽光発電技術研究組合(PVTEC)と共同で実施したものである。

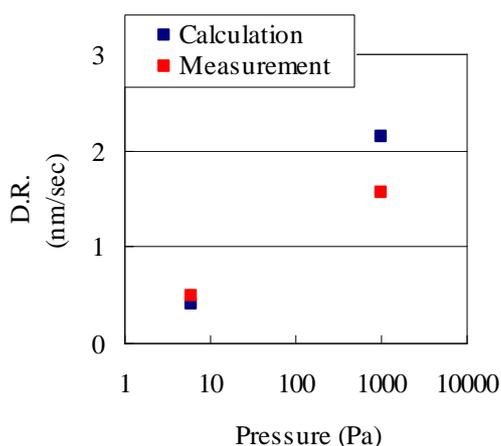


Fig. 1 Relationship to deposition rate (calculated value and measured value) and gas pressure.

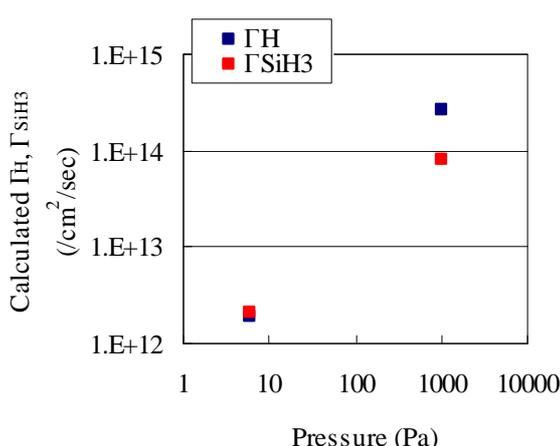


Fig. 2 Relationship to radical fluxes (Γ_{SiH_3} and Γ_{H}) and gas pressure.

[1] S. Takashima et al, *J.Vac. Soc. Jap.*, 44 (2001) 20

[2] H. Katayama et al., *Proc. 27th EU PVSEC* (2012) 2562 – 2565.

[3] 片山博貴他, 2012 年春季 第 59 回 応用物理学会関係連合講演会 (2012) 18a-B10-10