

a-Si:H/c-Si ヘテロ界面近傍 a-Si:H 内ボイド構造の解明に向けて

ー 陽電子消滅パラメータと光学パラメータとの相関 ー

Towards Elucidating the Void Structures in a-Si:H nearby a-Si:H/c-Si Heterointerfaces:
Correlations between the Positron Annihilation Parameters and the Optical Parameters岐阜大学 未来型太陽光¹, 筑波大学 物理工学域², [○]松木 伸行¹, 上殿 明良²Gifu Univ., CIPS¹, Tsukuba Univ., Div. of Appl. Phys.², [○]Nobuyuki Matsuki¹, Akira Uedono²

E-mail: matsuki@gifu-u.ac.jp

【はじめに】アモルファス／結晶シリコン (a-Si:H/c-Si) ヘテロ接合太陽電池においては、ヘテロ界面近傍の a-Si:H 中 SiH₂ 結合の存在が太陽電池特性の向上を阻害する大きな要因となる。a-Si:H ネットワーク中の SiH₂ 結合を伴うマイクロボイド構造に基づき、分光エリプソメトリー (SE) 解析から SiH および SiH₂ 含有量の算出を可能にする誘電関数モデルが最近提案された[1]。誘電関数は $\epsilon(E) = \epsilon_1(E) - i\epsilon_2(E)$ (E : フォトンエネルギー) で定義される。a-Si:H において $\epsilon_2(E)$ の最大値 (ϵ_2^{peak}) は光吸収を反映する量であり、SiH₂ 含有量 C_{SiH_2} との間に負の線形関係が成り立つ[1]。本研究では、ボイドのサイズや密度の SE 解析による定量評価の可能性について、陽電子消滅法 (PAS) [2] による構造パラメータと SE による光学パラメータとの相関を調べることで検討した。

【実験】RCA 洗浄により水素終端した FZ-Si(111) 基板上へプラズマ CVD 法により a-Si:H 層を 150 nm 厚成膜し、a-Si:H/c-Si ヘテロ接合構造を作製した。成膜時圧力は 6.5 Pa、RF 出力は 13 mW/cm² とし、基板温度 (T_s) は 80 ~ 280 °C の範囲で変化させた。SE データは成膜中の実時間観測により取得した。PAS[2]により各試料のドップラー広がりスペクトルを測定し、広がりパラメータ S (Shape) および W (Wing) を算出した。

【結果】図 1 に、a-Si:H 層に対する S - W プロットを示す。 S , W 値はいずれもバルク Si (基板) に対する値により規格化し、 S/S_B , W/W_B とした。 S - W プロットは非線形な推移を示しており、成膜温度の低下に伴ってボイド密度の増加が起こるのみならず、サイズのより大きなボイドが生成されていることを示唆している。しかし、ボイドサイズが変化するモデルでは ϵ_2^{peak} と C_{SiH_2} の線形関係 (図 2(a)) が説明できず、結果の解釈にはさらなる考察が必要である。

図 2 に、SE 解析によって得られた ϵ_2^{peak} を (a) 誘電関数モデルから算出された C_{SiH_2} 、および (b) S/S_B , W/W_B についてプロットした結果を示す。図 2(b) において、 S/S_B , W/W_B はともに ϵ_2^{peak} に対して単調かつ系統的に変化している。この結果は、もし S , W 値と ϵ_2^{peak} との相関関係が成膜条件に依らず普遍的に成り立ち、なおかつ a-Si:H 中ボイド構造に対する S , W の理論値がシミュレーションにより得られるならば、SE 解析を用いて、数 nm 厚 a-Si:H 中のボイド構造定量評価が可能となることを示している。

[1] S. Kageyama *et al.*, *Phys Rev. B* **83**, 195205 (2011).

[2] A. Uedono *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.* **49**, 051301 (2010).

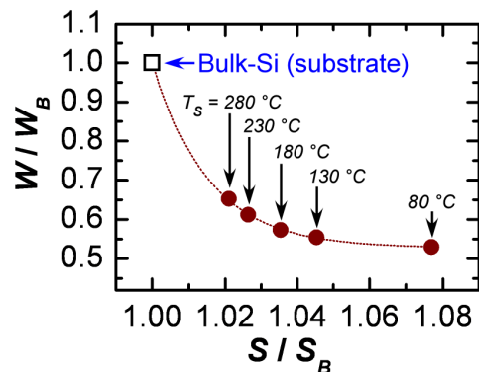


図 1 異なる基板温度 T_s で成膜した a-Si:H 層に対する陽電子消滅測定により得られた S - W プロット

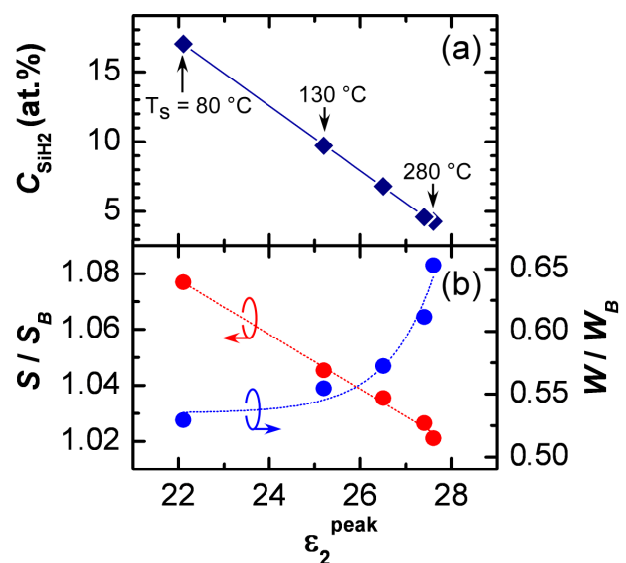


図 2 $\epsilon_2(E)$ の最大値 ϵ_2^{peak} に対する (a) SiH₂ 含有量 C_{SiH_2} および (b) S/S_B , W/W_B のプロット