## 分光エリプソメトリーおよび赤外分光による a-SiO:H ネットワーク構造の評価

Characterization of a-SiO:H network structures by spectroscopic ellipsometry and infrared spectroscopy

岐阜大学 未来型太陽光発電システム研究センター <sup>O</sup>佐藤 正規,細井 優,藤原 裕之 Gifu University, CIPS <sup>O</sup>Masanori Sato, Masaru Hosoi, Hiroyuki Fujiwara Email: fujiwara@gifu-u.ac.jp

【はじめに】水素化アモルファスシリコンオキサイド(a-SiO:H)は、a-Si:H 薄膜太陽電池の p 型窓 層として利用されているが、a-SiO:H の紫外・可視域における光学定数と SiH<sub>n</sub>(n=1, 2)局所結合と の相関性は、これまで詳細には検討されていない。本研究では、分光エリプソメトリー(SE)およ び全反射赤外分光(ATR)の実時間観測を適用し、a-SiO:H 層の紫外・可視域における誘電関数と光 劣化に大きな影響を与える SiH<sub>2</sub>結合との関係性を明らかにし、さらに a-SiC:H 系合金の膜特性と 比較した。

【実験および解析】a-Si<sub>1-x</sub>O<sub>x</sub>:H 層は、プラズマ CVD により基板温度 180 ℃ で低 rf 出力により作 製し、酸素組成 x はガス流量比 z=[CO<sub>2</sub>]/([CO<sub>2</sub>]+[SiH<sub>4</sub>])の変化により、x=0.0 at.% (z=0)から x=29.7 at.% (z=0.8)まで変化させた。SE および ATR の実時間観測は、Si 基板を加工した ATR プリズムを 基板として使用することにより行った<sup>1)</sup>。さらに、a-SiO:H 層の誘電関数は、エリプソメトリーの 実時間観測データに誤差最小化法<sup>1)</sup>を適用して決定した。

【結果】図1は、 $a-Si_{1-x}O_x$ :H 層中の酸素組成 x を増加させた時に得られる $\epsilon_2$  スペクトルを示している。基本的に $\epsilon_2$ は光吸収特性を示し、x の増加により $\epsilon_2$ ピークの振幅は急激に減少し、また $\epsilon_2>0$ で示されるバンドギャップ Egは高エネルギー側にシフトする。この $\epsilon_2$ ピークの低下は、a-SiO:H層内にマイクロボイド構造が形成され、光吸収が低下することを意味している。一方、図2は、a-SiO:H層およびa-SiC:H層<sup>2)</sup>内のSiH<sub>2</sub>水素量に対する $\epsilon_2$ ピーク値を示している。i時中SiH<sub>2</sub>量は、O原子およびC原子濃度の増加により急激に増加するが、SiH<sub>2</sub>量の増加は $\epsilon_2$ ピーク値の減少と高い相関性を示した。特に図2の実線は、a-Si:H層におけるSiH<sub>2</sub>量と $\epsilon_2$ ピーク値の関係<sup>1)</sup>を示しているが、O量5.2 at.%までは、通常のa-Si:H層の場合と良く一致した。この結果は、O原子の導入によりSiH<sub>2</sub>マイクロボイド構造が形成されるが、ネットワーク構造自体はa-Si:Hと比較的類似していることを示している。しかし、x>5.2 at.%になると、a-SiO:H層内には多量のSiH<sub>2</sub>(O<sub>2</sub>)およびSiH(O<sub>3</sub>)結合が導入され、 $\epsilon_2$ ピークは急激に低下する。図2に示すように、a-SiC:Hもa-SiO:Hおよびa-Si:Hと同様の傾向を示し、これらのa-Si:H系合金薄膜の特徴は、O原子およびC原子の導入によるSiH<sub>2</sub>マイクロボイド形成であることを初めて明らかにした。



1) S. Kageyama and H. Fujiwara, *Phys. Rev.* **B 83** (2011) 195205, 2) S. Kageyama et al., *J. Appl. Phys.* **114** (2013) 233513.

Fig.1.  $\epsilon_2$  spectra of a-Si<sub>1-x</sub>O<sub>x</sub>:H layers with different oxygen content x.



Fig.2.  $\varepsilon_2$  peak value, plotted as a function of SiH<sub>2</sub> content in a-SiO:H and a-SiC:H layers.