

Mg を導入した低 SiH₂ 量アモルファスシリコン系半導体の作製 Fabrication of amorphous silicon-based semiconductors with low SiH₂ contents by Mg introduction

岐阜大学 未来型太陽光発電システム研究センター °伊藤 巧, 藤関 健正, 藤原 裕之
Gifu Univ., CIPS °Takumi Ito, Takemasa Fujiseki, Hiroyuki Fujiwara
E-mail: fujiwara@gifu-u.ac.jp

【はじめに】水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)は、光照射により欠陥密度が増加する光劣化効果を示し、この光劣化が現在の a-Si:H 太陽電池の最大の欠点となっている。これまでに、a-Si:H の光劣化は、ネットワーク中の SiH₂ 量と強い相関を示し、SiH₂ 量の低減が劣化抑制に効果的であることが報告されている¹⁾。この a-Si:H 中の SiH₂ 結合は、C 原子を導入すると著しく増加し、これは C 原子の高い電気陰性度(Si:1.8, C:2.5)に起因すると考えられる²⁾。図 1 に示す様に、Si 中に C を導入すると、電気陰性度の高い C 原子に Si および H の電荷が引きつけられ、これが SiH₂ からの H の引き抜き反応を阻害し、結果として a-Si:H 中の SiH₂ 量が増加すると提案されている²⁾。以上の考察に基づき、本研究では、Si 原子よりも低い電気陰性度を持つ Mg 原子(電気陰性度:1.2)に注目した。特に、a-Si:H ネットワーク中に Mg を導入し、逆に水素の引き抜き反応を促進することにより SiH₂ 結合密度を低減させ、光劣化のない a-Si:H 層を作製することを試みた。

【実験】試料は、Mg₂Si ターゲットを用いた rf マグネトロンスパッタリング法³⁾により作製した。Mg が a-Si:H 中に過剰に取り込まれるのを抑制するため、比較的高温(300 °C)で a-Si:H 層を作製し、Mg の熱脱離を促進した。また、スパッタリングは Ar/H₂ 雰囲気(Ar:H₂ = 90:10 SCCM)で行った。

【結果】ラマン分光法および XPS による組成分析から、作製した試料は、膜中に Mg が数 at. % 混入した a-Si:H (a-SiMg:H)であることが確認され、スパッタリングの rf 出力(P_{rf})を増加させると、膜中の Mg 量は、2.9 at. % (P_{rf} = 15 W)から 5.0 at. % (P_{rf} = 40 W)まで増加する。図 2 は、P_{rf} を変化させて作製した a-SiMg:H 層の赤外吸収スペクトルを示している。a-SiMg:H 試料に関しては、光学干渉を考慮した厳密な IR 解析が困難であるが、ベールの法則を用いた簡易解析から、膜中水素量を SiH = 3.3 at.%, SiH₂ = 9.7 at.% (P_{rf} = 20 W)と決定した。図からわかる様に、P_{rf} を増加させると、SiH₂ 結合に起因する 2100 cm⁻¹ 付近のピーク強度は減少し、膜中の SiH₂ 量は 9.7 at.% (P_{rf} = 20 W) から 1.0 at.% (P_{rf} = 40 W)まで低減する。さらに、a-SiMg:H のバンドギャップ(E_g)は、P_{rf} の増加と共に、1.58 eV (P_{rf} = 15 W)から 1.41 eV (P_{rf} = 40 W)まで徐々に減少する。この結果は、Mg 原子を a-Si:H ネットワーク中に導入することにより、SiH₂ 量が少なく、かつ太陽電池に理想的な E_g を持つ a-Si:H 系材料の作製が可能であることを示している。しかし、現在の試料は低い光感度を示し(σ_{ph} / σ_d = 5.3)、今後の改善が必要である。a-SiMg:H の作製は、Si および Mg₂Si(または Mg)ターゲットを用いた 2 元同時スパッタリングからも可能であり、この手法により電気特性の向上が期待される。

1) S. Shimizu, M. Kondo, A. Matsuda., J. Appl. Phys. **97** (2005) 033522; 2) S. Kageyama, N. Matsuki, H. Fujiwara., J. Appl. Phys. **114** (2013) 233513; 3) T. Kato, Y. Sago, H. Fujiwara., J. Appl. Phys. **110** (2011) 063723.

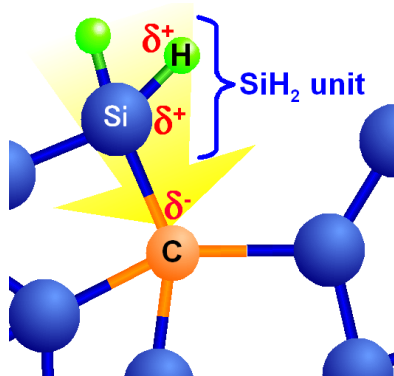


Fig. 1. Plane view of the a-SiC:H network structure.²⁾ In this figure, δ⁺ and δ⁻ show the polarized charges induced by the C atom with a higher electron negativity.

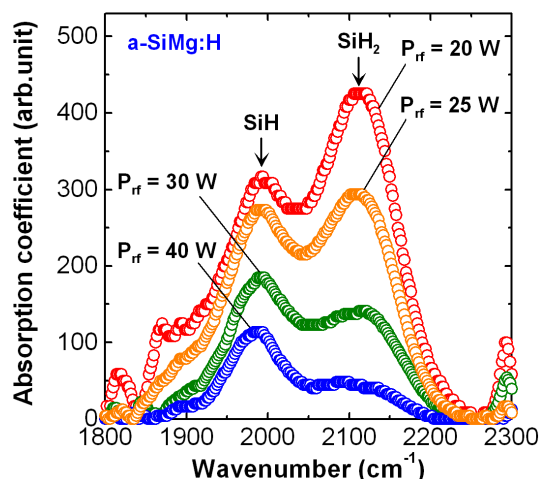


Fig. 2. IR spectra of the a-SiMg:H thin films fabricated using different P_{rf}.