

光熱輻射分光法によるシリコン系薄膜の欠陥密度評価 (Ⅱ)

Photothermal radiometry for estimation of defect density in silicon thin films (Ⅱ)

岐大院工、[○]近藤宏紀、安井彬紘、松田耀右、石井克典、高橋昌吾、吉田憲充、野々村修一

Gifu Univ., [○]Hiroki Kondo, Akihiro Yasui, Yosuke Matsuda, Katsunori Ishii, Shogo Takahashi,

Norimitsu Yoshida and Shuichi Nonomura

t3130014@edu.gifu-u.ac.jp

要旨 水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)薄膜における欠陥密度の評価を光熱輻射分光法により試みた。光熱輻射分光法により評価したフォトンエネルギー0.84 eV [1] および 1.3 eV における光吸収係数と電子スピン共鳴法(ESR)により評価した欠陥密度より、変換係数 $7.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ を得た。また、a-Si:H に疑似太陽光(AM 1.5, 100 mW/cm²)を照射したところ光吸収係数の増加が観測でき、光熱輻射分光法により a-Si:H 薄膜における光劣化現象の評価が可能であることを示した。

研究目的 太陽電池の変換効率低下の要因の一つである欠陥密度の評価は、主として ESR により行われている。しかし、ESR は小面積(~ 1 cm²)の試料を測定対象とし、大面積試料を非破壊に測定することが難しい。本研究では光熱輻射分光法により、シリコン系薄膜太陽電池に用いられる 1 m² 以上を想定した任意の面積 a-Si:H 薄膜にも適応可能な欠陥密度評価技術の開発に取り組んだ。また、この手法を a-Si:H 薄膜における光劣化現象[2]の評価に適用した。

実験方法 a-Si:H 薄膜はプラズマ CVD 法により作製した。光熱輻射分光法での光源として、バンドギャップ光である He-Ne レーザー ($\lambda = 633 \text{ nm}$, $\hbar\omega = 2.0 \text{ eV}$, 出力 15 mW)、欠陥吸収領域の波長である半導体レーザー ($\lambda = 1470 \text{ nm}$, $\hbar\omega = 0.84 \text{ eV}$, 出力 0 ~ 10 W および $\lambda = 980 \text{ nm}$, $\hbar\omega = 1.3 \text{ eV}$, 出力 0 ~ 30 W)を用いた。光励起キャリアの非輻射再結合により生じた試料の温度上昇 ΔT_2 をサーモグラフィにより測定し、 $\alpha_2 = \alpha_1 I_1 V_1 r_2 \Delta T_2 / I_2 V_2 r_1 \Delta T_1$ [3,4] の式から $\hbar\omega = 0.84 \text{ eV}$ または 1.3 eV における光吸収係数 α_2 を評価した。ここで、式の詳細は[1]を参照されたい。

実験結果とまとめ 図に光熱輻射分光法により評価した光吸収係数と ESR により評価した欠陥密度との関係を示す。この結果より、光吸収係数と欠陥密度の変換係数 $7.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ を得た。この値は、光熱偏向分光法での変換係数 $7.9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ [6] と同程度の値であった。

一方、270°C で製膜した a-Si:H 薄膜に疑似太陽光(AM1.5, 100mW/cm²)照射を行ったところ、光吸収係数が光照射 1 時間で 2.4 cm^{-1} から 25.6 cm^{-1} へ増加した。また、光劣化させた a-Si:H 薄膜を真空中(~ 10⁻⁴ Pa) 200°C で 1 時間の熱アニールを行うことにより、光吸収係数が 25.6 cm^{-1} から 4.7 cm^{-1} となり可逆性を確認できた。

以上の結果より、光熱輻射分光法により a-Si:H 薄膜における欠陥密度の評価および光劣化現象の評価が可能であることを示した。

[1] 石井ら、2013 年(平成 25 年)秋季第 74 回応用物理学会学術講演会, 19p-A2-12. [2] D. L. Staebler and C. R. Wronski, Appl. Phys. Lett., **31** (1977) 292 [3] J. P. Gordon *et al.*, J. Appl. Phys., **36** (1965) 3. [4] K. Weiser *et al.*, Appl. Phys. Lett., **22** (1973) 48. [5] H. Hisakuni and K. Tanaka, Appl. Phys. Lett., **65** (1994) 2925. [6] N.M.Amer and W.B.Jackson, Semiconductors and semimetals, **21**(1984)83.

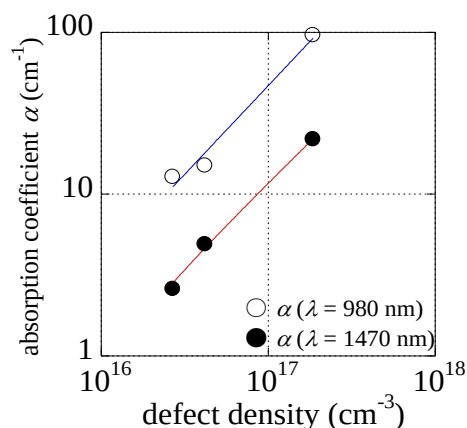


図 光熱輻射分光法により測定した光吸収係数と電子スピン共鳴法により評価した欠陥密度の関係。○は $\lambda = 980 \text{ nm}$ 、●は $\lambda = 1470 \text{ nm}$ で評価した光吸収係数を表す。