

光熱輻射分光法によるシリコン系薄膜の欠陥密度評価

Photothermal radiometry for estimation of defect density in silicon thin films

岐阜大院工, °石井 克典, 松田 耀右, 吉田 憲充, 野々村 修一

Gifu Univ., °Katsunori Ishii, Yosuke Matsuda, Norimitsu Yoshida, Shuichi Nonomura

E-mail: r3130002@edu.gifu-u.ac.jp

要旨 シリコン系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。水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)薄膜において、フォトンエネルギー0.84eVにおける光吸収係数と欠陥密度との変換係数 $9.2 \times 10^{15} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ を得た。また、直径 80mm の面積を有するアモルファスシリコン薄膜における欠陥密度の面分布評価を空間分解能 2mm にて 1200 ポイントで行ったところ $1.8 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 8.6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ であることを評価できた。

研究目的 シリコン系薄膜における欠陥密度の評価は主として電子スピン共鳴法 (ESR) により行われている。しかし、ESR では測定に時間を要し、大面積試料における欠陥評価が難しいなどの困難が存在する。本研究では光熱変換分光法に着目し、半導体レーザーとサーモグラフィを用いた光熱輻射分光法による欠陥密度評価のための基礎的実験を行った。また、この方法を応用して大面積な試料にも適用可能な欠陥評価装置の構築を試みた。

実験方法 試料として用いた a-Si:H 薄膜はプラズマ CVD 法により基板温度 $200^\circ\text{C} \sim 520^\circ\text{C}$ にて作製した。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 $0 \sim 15 \text{ mW}$) および欠陥吸収領域の波長を有する半導体レーザー ($\lambda = 1.47 \mu\text{m}$, $\hbar\omega = 0.84 \text{ eV}$, 出力 $0 \sim 10 \text{ W}$) 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、 $\alpha_2 = \alpha_1 I_{01} V_1 r_2 / \Delta T_2 / \Delta T_1 I_{02} V_2$ (ΔT_1 : He-Ne レーザー照射時の温度上昇 (K), ΔT_2 : 半導体レーザー照射時の温度上昇 (K), α_1 : $\hbar\omega = 2.0 \text{ eV}$ における光吸収係数 (cm^{-1}), α_2 : $\hbar\omega = 0.84 \text{ eV}$ における光吸収係数 (cm^{-1}), I_{01} : He-Ne レーザーの光出力 (W), I_{02} : 半導体レーザーの光出力 (W), V_1 : He-Ne レーザー光照射下の試料の体積 (cm^3), V_2 : 半導体レーザー光照射下の試料の体積 (cm^3), r_1 : He-Ne レーザー光のスポットの半径 (cm), r_2 : 半導体レーザー光のスポットの半径 (cm)) の式から $\hbar\omega = 0.84 \text{ eV}$ における光吸収係数 α_2 を評価した。

実験結果とまとめ 作製した a-Si:H 薄膜において光熱輻射分光法の解析から求めたフォトンエネルギー0.84 eV における光吸収係数は $15.3 \text{ cm}^{-1} \sim 94.3 \text{ cm}^{-1}$ の範囲の値をとった。図 1 に ESR で評価した欠陥密度とフォトンエネルギー0.84 eV における光吸収係数の関係を示す。両者が比例関係にあると仮定すると変換係数は $9.2 \times 10^{15} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1}$ であり、光熱偏向分光法での相関係数 ($7.9 \times 10^{15} \text{cm}^{-2} \text{eV}^{-1[4]}$) と同程度であることが分かった。以上の結果を用いて直径 80mm の面積を有するアモルファスシリコン薄膜における欠陥密度の面分布評価を空間分解能 2mm にて 1200 ポイントで行ったところ $1.8 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 8.6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ であることを評価できた。

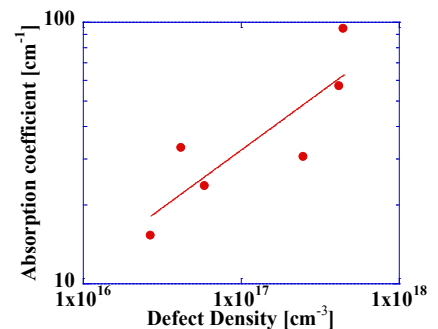


Fig.1 Relationship between absorption coefficient in photon energy 0.84eV and defect density

参考文献

- 1) J. P. Gordon *et al.*, J. Appl. Phys., 36 (1965) 3.
- 2) K. Weiser *et al.*, Appl. Phys. Lett., 22 (1973) 48.
- 3) H. Hisakuni and K. Tanaka, Appl. Phys. Lett., 65 (1994) 2925.
- 4) N.M.Amer and W.B.Jackson, Semiconductors and semimetals, 21 (1984) 83