

β -Ga₂O₃ 結晶の透過と反射スペクトルの偏光依存性

Polarized Transmittance and Reflectance Spectra in β -Ga₂O₃ Crystals

○尾沼 猛儀^{1,3}, 齋藤 伸吾³, 佐々木 公平^{3,4}, 増井 建和⁴, 山口 智広², 本田 徹², 東脇 正高³

(1. 東京高専, 2. 工学院大, 3. 情通機構, 4. タムラ製作所)

○T. Onuma^{1,3}, S. Saito³, K. Sasaki^{3,4}, T. Masui⁴, T. Yamaguchi², T. Honda², and M. Higashiwaki³

(1. TNCT, 2. Kogakuin Univ., 3. NICT, 4. Tamura Corp.)

E-mail: onuma@tokyo-ct.ac.jp

[はじめに] 単斜晶型構造の酸化ガリウム (β -Ga₂O₃) はバンドギャップエネルギー (E_g) が GaN や SiC よりも大きく、単結晶作製も比較的容易なため、高耐圧、低損失のパワーデバイスを低コスト・低エネルギーで製造できる材料として注目を集めている[1,2]。しかし、室温の E_g は 4.4~5.0 eV で様々な実験値が報告され[3,4]、定まっていない。本講演では、融液成長法により製作した β -Ga₂O₃ の透過と反射スペクトルの偏光依存性を調査し、吸収端付近のバンド構造を調査した結果を報告する。

[実験] EFG 法により成長した(100)*a* 面 Si 添加基板[5]と、FZ 法により成長した(010)*b* 面 Mg 添加および(001)*c* 面無添加基板[5]の測定を行った。*c* 面無添加基板には Si が残留しており、ホール効果測定から得られた残留キャリア密度は $n=7.7 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ 、ホール電子移動度は $\mu_H=172 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$ 、抵抗率は $\rho=4.7 \times 10^{-1} \Omega\text{-cm}$ である。*a* 面 Si 添加基板は、 $n=4.9 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 、 $\mu_H=93 \text{ cm}^2/(\text{Vs})$ 、 $\rho=1.4 \times 10^{-2} \Omega\text{-cm}$ であった。Mg を濃度 4×10^{18} - $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ で添加した *b* 面基板は $\rho=6 \times 10^{11} \Omega\text{-cm}$ であり半絶縁性を示した[6]。透過と反射測定は室温で行い、光源には 300 W のキセノンランプを用いた。偏光測定では、グランテーラープリズムまたは分光器の偏光特性を用いた。

[結果と考察] 図 1 に結晶軸 *a*, *b*, *c* と *x*, *y*, *z* 軸の関係を示す。*b* (*y*) 軸と *c* (*z*) 軸に垂直な方向を *a** (*x*) 軸、*a* 軸と *b* 軸に垂直な方向を *c** 軸とした。室温での偏光透過スペクトルを図 2 に示す。全ての面方位において、 Γ - Γ 遷移に伴う偏光依存性が観測された。群論によると、 Γ_2^- の対称性をもつ価電子帯から Γ_1^+ の対称性をもつ伝導帯への遷移は、光の電場ベクトル *E* と *a** (*x*) または *c* (*z*) 軸が平行なときに許容され、 Γ_1^- の対称性をもつ価電子帯から伝導帯への遷移は、*E* と *b* 軸が平行なときに許容される[4]。偏光反射スペクトルには、直接遷移に伴う構造が明瞭に現れた。間接遷移の吸収端のエネルギーは、 $(\alpha h\nu)^{0.5}-h\nu$ プロットから $4.43 \pm 0.03 \text{ eV}$ 、直接遷移の吸収端のエネルギーは、 $(\alpha h\nu)^2-h\nu$ プロットから $E//c$ (*z*) で $4.48 \pm 0.03 \text{ eV}$ 、 $E//a^*$ (*x*) で $4.57 \pm 0.03 \text{ eV}$ 、 $E//b$ (*y*) で $4.70 \pm 0.03 \text{ eV}$ と見積もられた。間接遷移の $E_{g,indir}=4.43 \text{ eV}$ が直接遷移の $E_{g,dir}=4.48 \text{ eV}$ よりも若干小さいが、間接遷移の吸収係数は直接遷移に比べて一桁以上小さく、殆ど直接遷移型半導体として振る舞うことが分かった。

[謝辞] 本研究の一部は科研費 (#25390071、#25289093、#25420341、#25706020) の援助を受けた。

[参考文献][1] M. Higashiwaki *et al.*, APL **100**, 013504 (2012); **103**, 123511 (2013). [2] K. Sasaki *et al.*, APEX **5**, 035502 (2012). [3] H. H. Tippins, Phys. Rev. **140**, A316 (1965). [4] N. Ueda *et al.*, APL **71**, 933 (1997). [5] 倉又朗人, 応用電子物性 **19**, 42 (2013). [6] T. Onuma *et al.*, APL **103**, 041910 (2013).

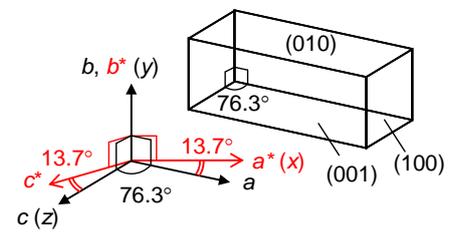


Fig. 1 Relation between crystallographic *a*, *b*, *c* axes and *x*, *y*, *z* axes for β -Ga₂O₃.

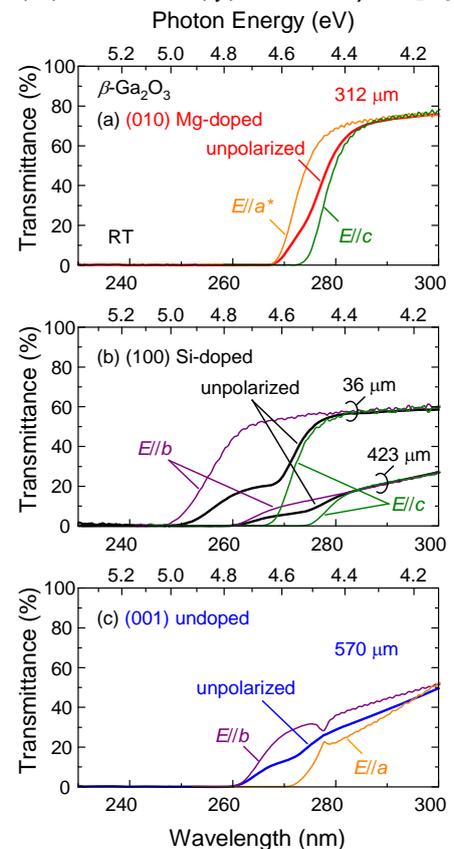


Fig. 2 Unpolarized and polarized transmittance spectra of β -Ga₂O₃ substrates at room temperature.