

ガラス上多結晶 GaAs 膜における粒径—分光感度の相関解明

Correlation between of the grain size and photoresponsivity in polycrystalline GaAs layers formed on glass

¹筑波大院 数理物質,²学振特別研究員: 西田竹志^{1,2}, 末益崇¹, 都甲薫¹

Univ. of Tsukuba¹, JSPS Research Fellow²: T. Nishida^{1,2}, T. Suemasu¹, and K. Toko¹

E-Mail: take.nishida24@gmail.com

【はじめに】 高効率太陽電池の低コスト化に向け、安価な基板上に GaAs 薄膜を高品質形成する研究が古くから行われてきた。我々はこれまでに、ガラス上に形成した大粒径 Ge 薄膜上に GaAs を成長し、ガラス上合成膜として分光感度を初めて実証した^[1,2]。本研究では、固相成長 (SPC: Solid-phase Crystallization) 法^[3-5]および Al 誘起成長 (AIC: Al-induced Crystallization) 法^[6]により形成した Ge シード層を用いて多結晶 GaAs 薄膜の粒径を広範囲 (1–330 μm) に制御し、多結晶 GaAs 膜の粒径と分光感度特性の関係を初めて実験的に明らかにした。

【実験方法】 SPC 法および AIC 法により、様々な結晶粒径を持つ Ge シード層を石英ガラス基板上に作製した (Fig. 1(a),(b))。SPC-Ge (Group A–C) では、不純物ドーピング (A: undoped, B: Sb-doped, C: As-doped) および熱処理温度 (375–450 $^{\circ}\text{C}$)^[3-5]、AIC-Ge (Group D) では、 AlO_x 界面膜厚 (大気暴露時間 1–10 min) を変調することで結晶粒径を制御した^[6]。その後、各 Ge 上に基板温度 550 $^{\circ}\text{C}$ で GaAs 層 (500 nm 厚) を MBE 成長した。

【結果・考察】 断面 TEM 像および EDX 像から、目的の試料構造を得られていることが判る (Fig. 2(a),(b))。EBSD 測定の結果、SPC-Ge 上の試料 (Group A–C) はランダム配向している一方で、AIC-Ge 上の試料 (Group D) は (111) 配向している (Fig. 3(a)–(d))。また、粒マップから GaAs は Ge シード層の結晶粒径を完璧に引き継いでいることが判る。これらは、各々の Ge シード層の方位・粒マップに酷似しており^[3-6]、GaAs がエピタキシャル成長したことが判る。分光感度は Ge シード層の粒径に大きく依存した (Fig. 4(a))。これらの結果を GaAs 結晶粒径の関数としてまとめた (Fig. 4(b))。分光感度は結晶粒径の増大に伴い向上し、粒径 330 μm においてガラス基板上に合成した GaAs 膜の最高値 (3.0 A W^{-1}) を達成した。以上より、多結晶 GaAs 薄膜における結晶粒径と光学特性の相関を実験的に明らかにし、単結晶 GaAs に匹敵する分光感度をもつ擬似単結晶 GaAs 膜を形成した。

【謝辞】 本研究の遂行にあたりご助言をいただいた、富永依里子先生 (広島大学)、庄司靖先生 (産総研)、西永慈郎先生 (産総研) に感謝申し上げます。

[1] T. Nishida *et al.*, APL. **114**, 142103 (2019). [2] T. Nishida *et al.*, AIP Adv. **10**, 015153 (2020). [3] K. Toko *et al.*, Sci. Rep. **7**, 16981 (2017). [4] D. Takahara *et al.*, APL. **114**, 082105 (2019). [5] M. Saito *et al.*, Sci. Rep. **9**, 16558 (2019). [6] K. Toko *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **53**, 373002 (2020).

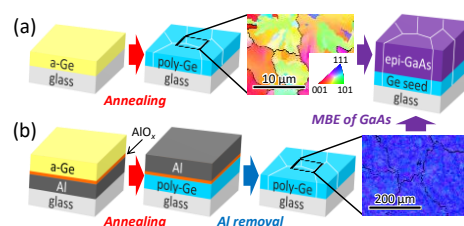


Fig. 1. Experimental procedure of (a) the samples in Group A–C using SPC-Ge seed layers and (b) the samples in Group D using AIC-Ge seed layer.

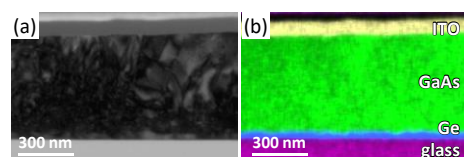


Fig. 2. (a) Bright-field TEM image and (b) EDX elemental mapping of the sample in Group D.

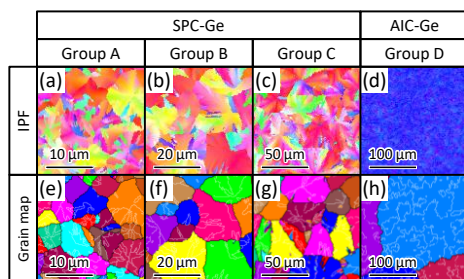


Fig. 3. (a)–(d) Crystal orientation and (e)–(h) grain maps of the samples in Group A–D. The black solid lines show random grain boundaries surrounding the grains and the white solid lines show twin boundaries.

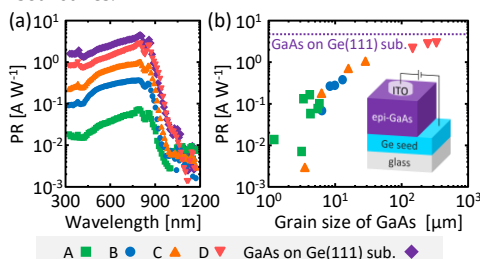


Fig. 4. (a) Photoresponsivity of the samples in Group A–D, where the bias voltage is 0.3 V. (b) Maximum photoresponsivity values for each spectrum as a function of grain size. The data for GaAs on a Ge substrate are shown for comparison.