

YAlO₃ 中の点欠陥(VI) ~LaAlO₃ との比較~Point Defects in YAlO₃ (VI) - Comparison with LaAlO₃ -早大先進理工 ^{○(01)}森本貴明, 山坂大樹, 堀井陽介, 井上貴博, 大木義路Waseda Univ., [○]T. Morimoto, D. Yamasaka, Y. Horii, T. Inoue, Y. Ohki

E-mail: takaaki.morimoto@akane.waseda.jp

半導体ゲート絶縁膜に点欠陥などがあると禁制帯内に局在準位が生じ、絶縁性が低下する懸念がある。本稿では、我々の過去の研究¹⁻⁵⁾をもとに、LaAlO₃、YAlO₃ 中の点欠陥を比較する。

Fig.1 に LaAlO₃、YAlO₃ のフォトルミネッセンス(PL)スペクトルを示す。両物質とも、1.6~1.7eV 付近に鋭い発光(PL α , α' , β , β')と 2.8 eV で最大強度を示すブロードな発光(PL γ , γ')が観測される。PL α , α' , β , β' は、不純物 Cr³⁺の d 軌道電子の縮退が周囲の周期的構造の影響で解けることによる発光^{1,6)}、PL γ , γ' は電子を 1 つ捕獲した酸素空孔の発光^{1,7)}である。また、YAlO₃ のみに見られる 2.0、2.3、2.6、3.1 eV の鋭い発光の原因は分かっていない。

Fig.2 で S, U, V と名付けた、複数に分裂した遷移金属特有の ESR 信号が両物質で見られる。ICP-OES により、両物質から Fe、Cr が検出され、さらに、ESR 信号の分裂数、g 値、微細構造定数より、S 信号はスピン量子数が S=3/2 の Cr³⁺、U 信号は S=5/2 の Fe³⁺起因であり²⁾、V 信号は量子数と文献⁸⁾から Cr³⁺起因と考えられる。以上の結果は PL α , α' , β , β' を Cr³⁺起因とすることと整合している。

Table I に示すように、両物質ともに、紫外光照射により吸収増加と ESR 信号強度の減少が起こり、紫外光に続く可視光照射によりそれらが元に戻る。但し、両者の光子エネルギー依存性は異なる^{2,4)}。また、両物質とも、900°C以下の熱処理で、ESR 信号は、酸素中では減少し、窒素中では増加する。一方、900°C以下の熱処理により、LaAlO₃の吸収は、酸素中で増加、窒素中で減少する。YAlO₃の吸収は 900°C以下では変化しない^{3,5)}が、1000°C以上では、酸素中で増加し、窒素中で減少する⁵⁾。すなわち、YAlO₃と LaAlO₃では、閾値となる光子エネルギーや温度は異なるものの、きわめて良く似た変化が誘起される。これらの変化は、熱処理や紫外光照射により生成された電子-正孔対により、酸素空孔や不純物イオンが酸化もしくは還元される事に起因する²⁻⁵⁾。ここで、LaAlO₃において ESR 信号と吸収が変化し始める 500°Cは、酸素空孔の拡散が始まる温度でもある^{9,10)}。電子-正孔対生成と酸素空孔の拡散に同一の現象が関与していると考えられる。

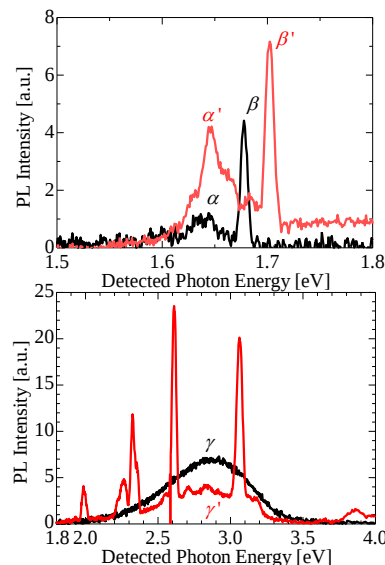


Fig. 1 PL spectra induced by 5.1 eV photons observed in LaAlO₃ single crystal (—) and those induced by 7.5 eV photons observed in YAlO₃ single crystal (—) at 10 K.

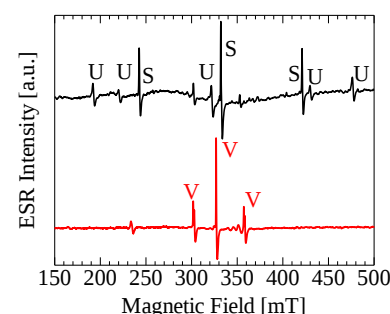


Fig. 2. Electron spin resonance spectra observed in LaAlO₃ (—) and YAlO₃ (—) single crystals.

Table I. Effects of photo-irradiation and heat treatment on LaAlO₃ and YAlO₃.

		Ex. Photon		Heat treatment	
		UV	UV+Vis	O ₂	N ₂
ESR	LaAlO ₃	↓	↑	500-800°C: ↓	500-800°C: ↑
	YAlO ₃	↓	↑	800-900°C: ↓	800-900°C: ↑
Abs	LaAlO ₃	↑	↓	>500°C: ↑	>500°C: ↓
	YAlO ₃	↑	↓	>1000°C: ↑	>1000°C: ↓

- (1) E. Hirata *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **49**, 091102 (2010).
 (3) D. Yamasaka *et al.*: Proc. ISEIM2011, 387-390 (2011).
 (5) 金子昇司 他: 第 60 回応用物理学関係連合講演会
 (7) Y. V. Zorenko *et al.*: Optic. Spectros., **96**, 532 (2004).
 (9) K. Nomura *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **50**, 021502 (2011).

- (2) D. Yamasaka *et al.*: J. Appl. Phys., **110**, 074103 (2011).
 (4) 井上貴博 他: 第 60 回応用物理学関係連合講演会
 (6) B. Champagnon *et al.*: Chem. Phys. Lett., **51**, 429 (1977).
 (8) D. Sugak *et al.*: Phys. Status Solidi A, **184**, 239 (2001).
 (10) S. A. Hayward *et al.*: Phys. Rev. B, **72**, 054110 (2005).