

YAlO₃ 中の点欠陥よりのフォトルミネセンス

Photoluminescence from Point Defects in YAlO₃

○森本 貴明¹, 大木 義路^{1,2} (早大¹先進理工・²材研)

○Takaaki Morimoto¹, Yoshimichi Ohki^{1,2} (¹GSASE and ²RIMST of Waseda Univ.)

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

半導体ゲート絶縁膜やシンチレーターの材料として期待されるYAlO₃単結晶を試料として、シンクロトロン放射光により励起したフォトルミネセンス(PL)について、縦軸に励起エネルギー、横軸にPLエネルギーをとり、PL強度を色で表わし図1に、各PLの減衰波形を図2に示す。7.7eVで励起される4.2eV付近のPLは自己束縛励起子(STE)の再結合^{1,2)}、8.0eV励起5.5eVPLは、アンチサイト欠陥にトラップされた正孔と電子の再結合²⁾により生じる。直接遷移ギャップであることを反映して、前者が4ns、後者が1nsと短い減衰時定数を持つ。

図3に示す2.3, 2.6, 3.1eVの鋭いPLピークは、Er³⁺の4f軌道電子の²P_{3/2}から⁴I_{9/2}, ⁴I_{11/2}, ⁴I_{13/2}への遷移³⁾と一致し、このPLとSTEからのPLは7.7eVにピークを持つほぼ同一の励起スペクトルを持つ。また、イオン照射により伝導帯下部に局在準位を増やすと、両PLは完全に消滅する⁴⁾。よって、STEからEr³⁺へのエネルギー付与が考えられる。Er³⁺と同様、不純物であるCr³⁺のd電子がシュタルク分裂して生じるPL^{4,5)}は、Er³⁺のPLと異なり6.5eV付近に励起ピークを持ち、イオン照射で結晶性を崩すと強度は減少するものの完全には消滅しない。

図4に示す5.1eV励起PLは、図中に記したEu³⁺電子の4f-4f間遷移に起因する^{6,7)}。反転対称性のあるサイトでは電気双極子遷移は禁制となるが、磁気双極子遷移は対称性に無関係である^{6,7)}。⁵D₀-⁷F₁は磁気双極子遷移であるが、より強いPLの⁵D₀-⁷F₂は電気双極子遷移である⁷⁾ので、Eu³⁺は、反転対称性を有するAlサイトではなく対称性を有しないYサイトに存在する。これは、一般的に希土類元素は結晶中のYサイトに置換される⁸⁾ことと整合する。なお、不純物の存在は試料により異なるため、Eu³⁺のPLに与えるイオン照射の影響は調べられていない。

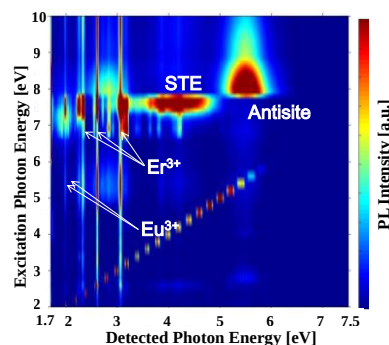


Fig. 1. PL mapping of YAlO₃ obtained at 10K.

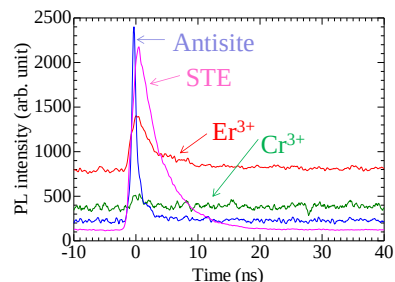


Fig. 2. Decay profile of each PL band.

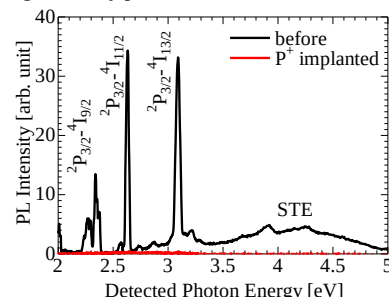


Fig. 3. PL spectra due to Er³⁺ induced by 7.7 eV photons in YAlO₃, observed before and after the implantation of P⁺ ions at a fluence of 10¹⁵ cm⁻².

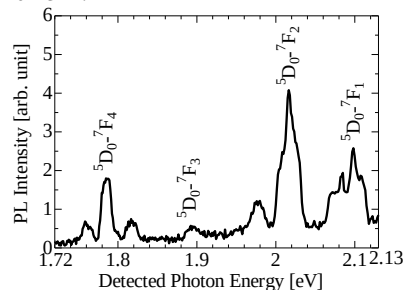


Fig. 4. PL spectra due to Eu³⁺ induced by 5.1 eV photons.

- (1) Ch. Lushchik *et al.*: J. Phys., Condens. Matter **6**, 11177 (1994).
- (2) Y. V. Zorenko *et al.*: Opt. Spectrosc. **96** 70 (2004).
- (3) C. Duan *et al.*: Phys. Rev. B **75**, 195130 (2007).
- (4) 森本貴明 他, 放電研究 **57**, 3 (2014).
- (5) E. Hirata *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys. **49**, 091102 (2010).
- (6) 小林洋志: 発光の物理 (朝倉書店, 2011), p.58.
- (7) H. Gao *et al.*: Mater. Res. Bull., **42**, 921 (2007).
- (8) T. Ishihara: "Perovskite Oxide for Solid Oxide Fuel Cells", Springer (2009).