

イオン照射による YAIO_3 単結晶の結晶性低下と熱処理による回復

Ion-induced Degradation of Crystallinity of YAIO_3 and Its Thermal Recovery

早大先進理工[○](修士1年)堀井 陽介, 森本 貴明, 山坂 大樹, 大木 義路

Waseda Univ.,[○]Yosuke Horii, Takaaki Morimoto, Daiki Yamasaka, Yoshimichi Ohki

E-mail: yosuke.horii@akane.waseda.jp

はじめに MOS の作製においては、ゲート絶縁膜の成膜後に行われる閾値調整プロセスにおいて、イオンが絶縁膜を通過する。本研究では、X線回折(XRD)とフォトルミネセンス(PL)を手段として次世代ゲート絶縁膜 YAIO_3 にイオン照射が与える影響を明らかにした。

実験方法 Cz 法 $\text{YAIO}_3(100)$ 単結晶に P^+ 、 B^+ イオンを加速電圧 100 keV で $1 \times 10^{13} \sim 1 \times 10^{15}$ ions/cm² 照射し、1 気圧酸素中 1000 °C で 3 時間熱処理を行った。室温にて Cu K α 線を用いて in-plane XRD 測定を行い、分子研 UVSOR SR 光を光源とし、モノクロメーターと CCD カメラにより 10 K にて PL スペクトルを取得した。

実験結果 Fig.1に示すように、 P^+ または B^+ イオンを 1×10^{15} cm⁻² 照射すると、XRDピーク強度は減少し、結晶性が低下する。また、イオン照射後にXRDピークはシフトする。このシフトの方向と大きさには、Table 1に示すように規則性がなく、結晶構造が大きく崩れていると考えられる。

Fig.2に P^+ イオン照射前後の6.4 eV励起PLスペクトルを示す。1.65、1.71 eV付近の発光帯は LaAlO_3 においても見られ⁽¹⁾、 Al^{3+} を置換した Cr^{3+} と八面体型配位子場を形成する O^{2-} の電場が作用し、シュタルク効果により Cr^{3+} のd電子の縮退が解けることで生じるR-lineからの発光であり、結晶でのみ見られる⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾。両発光の発光強度は照射量の増加とともに減少する。イオン照射量の増加に伴い、試料の結晶性が大きく低下したため、結晶性由来である発光帯の強度が低下したと考えられる。

Fig.3に示すように、イオン照射後に低下した1.66、1.71 eV帯の強度は熱処理により回復する。 YAIO_3 の結晶化温度は約900 °C⁽⁴⁾であるので、イオン照射により低下した結晶性が1000 °Cでの熱処理により回復すると考えられる。

上記の事実は、high-kゲート絶縁膜の結晶性を熱処理により高め、所望の結晶構造を形成して用いる動きがある⁽⁵⁾中で、特性調整の為に必須のイオン注入が結晶性を悪化させ、所望の結晶構造を形成することが困難になることを示唆しており、大変重要な知見である。

- (1) E. Hirata et al., Jpn. J. Appl. Phys., **49** (2010) 091102.
- (2) B. Champagnon et al., Chem. Phys. Letters., **51** (1977) 429.
- (3) Ch. Lushchik et al., J. Phys. Condens. Matter., **6** (1994) 11177.
- (4) G. Gowda, J. Mater. Sci. Lett. **5** (1986) 1029.
- (5) S. Horita et al., Jpn. J. Appl. Phys. **37**, (1998) 5141.

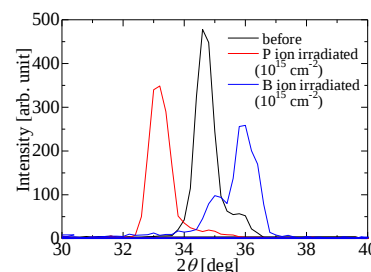


Fig. 1. In-plane XRD patterns observed before and after the irradiation of P^+ or B^+ ions.

Table 1. Fluctuations in XRD peak position observed in the non-irradiated and ion-irradiated samples.

Sample	2θ angle
As-received	34.6, 34.6, 34.6
Irradiated by P^+ ions	33.8, 33.2, 25.1
Irradiated by B^+ ions	34.6, 36.0

Presence of two or three numerals on one line corresponds to the numbers of the samples measured.

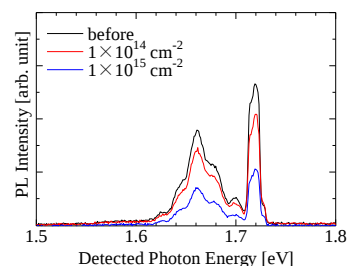


Fig. 2. PL spectra induced by 6.4 eV photons observed before and after the irradiation of P^+ ions at a fluence of 10^{14} or 10^{15} cm⁻².

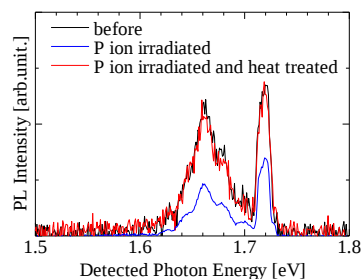


Fig. 3. PL spectra induced by 6.4 eV photons observed before and after P^+ ion irradiation and the following heat treatment.