



陽電子消滅寿命法と電子スピン共鳴による 電子線照射 ZnO 中空孔型欠陥の光応答性観測

Investigation of photoresponsive defect states in electron-irradiated ZnO
by positron annihilation lifetime spectroscopy and electron spin resonance

京大複合研¹, 京大院工², 法政大³

○(DC)中島 諒^{1,2}, 木野村 淳¹, 薮内 敦¹, 栗山一男³

KURNS, Kyoto Univ.¹, Graduate School of Engineering, Kyoto Univ.², Hosei Univ.³

○(DC)Makoto Nakajima^{1,2}, Atsushi Kinomura¹, Atsushi Yabuuchi¹, Kazuo Kuriyama³

E-mail: nakajima.makoto.73c@st.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

ワイドギャップ化合物半導体 ZnO は次世代の高機能半導体材料として、実用化に向けた研究開発が進んでいる。しかし光照射により誘起される永続的光伝導効果に関与する欠陥の起源について、従来の評価分析法では十分な情報を得ることができていない。本研究では永続的光伝導のモデルの1つとして提唱されている Zunger らのモデル[1]に対応した実験として、液体窒素温度下で電子スピン共鳴と陽電子消滅寿命測定による中空孔型欠陥の青色 LED と赤色 LED 照射に対する応答性を調べた。その結果から、陽電子消滅サイトとアニオン中空孔型欠陥の関連づけを試みた。

2. 方法

水熱合成法により作製された単結晶 ZnO に対して、京都大学複合原子力科学研究所 LINAC を用いて電子線をエネルギー約 8 MeV、照射量 $6 \times 10^{18} \text{ e}^-/\text{cm}^2$ で照射し、点欠陥を導入した。その後、液体窒素温度にて青色 LED (平均エネルギー 2.64 eV) 照射と赤色 LED (平均エネルギー 1.97 eV) 照射を切り替えながら電子スピン共鳴測定と γ - γ 同時計数陽電子寿命測定を行なった。

3. 結果および考察

青色 LED 照射中と赤色 LED 照射中での陽電子寿命を比較すると、最も変化があった場合で、それぞれ約 190 ps と約 180 ps の寿命値が観測された。ZnO 内の代表的な中空孔における陽電子寿命の計算値は、亜鉛中空孔：205 ps、亜鉛中空孔 - 水素複合体：179 ps、酸素中空孔：159 ps であると報告されている[2]。電子スピン共鳴測定でも、照射する光の波長に依存して1価に帯電した酸素原子中空孔に対応すると考えられるピーク変化が観測された。

Zunger らのモデル[1]では、青色 LED 照射時には酸素中空孔の電子が励起することでイオン化の価数が増加するとされている。その後、赤色 LED 照射することでイオン化した酸素中空孔が基底状態に戻り、一部の酸素中空孔が中性化することで酸素中空孔においても陽電子が消滅している可能性がある。一方、上記の測定結果を参考にすると亜鉛中空孔もしくは亜鉛中空孔 - 水素複合体の関与も示唆される。観測された欠陥状態についてはさらに検討を進める予定である。

[1] S. Lany and A. Zunger, Phys. Rev. B **72**, 035215 (2005).

[2] F. Lukáč. et al., Acta Phys. Pol. A **125**, 748 (2014).