

InGaZnO₄ バルク単結晶における格子間水素の電子状態

Electronic structure of interstitial hydrogen in bulk single-crystalline InGaZnO₄

KEK 物構研¹, TRIUMF², 総研大³, 東理大理⁴ ○ 平石 雅俊¹, 小嶋 健児², 岡部 博孝¹,
幸田 章宏^{1,3}, 門野 良典^{1,3}, 小林 裕樹⁴, 宮川 宣明⁴

KEK-IMSS¹, TRIUMF², Sokendai³, Tokyo Univ. of Sci.⁴ ○ M. Hiraishi¹, K. M. Kojima²,
H. Okabe¹, A. Koda^{1,3}, R. Kadono^{1,3}, Y. Kobayashi⁴, and N. Miyakawa⁴

E-mail: hiramasa@post.kek.jp

In-Ga-Zn-O (通称 IGZO) は高移動度を示すワイドギャップ酸化物半導体であり、アモルファス膜では既に様々な家電製品のディスプレイ駆動用透明半導体として実用化されている。しかしながら、薄膜トランジスタ (TFT) での応用状の問題として、ゲートにマイナスの電圧をかけて光照射を行うと閾値電圧がマイナス側にシフトする現象が知られており、水素がその特性に関して重要な役割を果たしていることが指摘されている [1]。このため、IGZO 中における水素の電子状態に関する研究も盛んに行われている [2]。

我々はこれまで、IGZO における水素の電子状態 (荷電状態、格子間位置) を調べる目的で、加速器を用いた正ミュオン (Mu^+) による多結晶 IGZO のミュオンスピン回転実験 (μSR) を J-PARC MLF 実験施設の S1 ビームラインに設置された ARTEMIS 分光器にて行なってきた [3]。 Mu^+ は物質中で水素の軽い同位体として振る舞い、電子や核磁気との超微細相互作用からその局所状態を知ることができる。特に、単結晶試料を用いる場合は、ミュオンがプローブする磁場分布の外部磁場依存性や結晶軸に対する角度依存性の測定などから、より詳細にその電子状態を調べることができる。そこで本研究では、近年合成が可能になった大型のバルク単結晶 IGZO [4] を用いて μSR 実験を行い、水素の電子状態について調べたのでその詳細について報告する。

実験の結果、As-Grown 単結晶試料に打ち込まれたミュオンは全て反磁性状態の Mu^+ または Mu^- 状態 (それぞれ H^+ 、 H^- に相当) となっていることが明らかになった。これは、多結晶試料やアモルファス膜でも同様であり [3]、IGZO 中で水素が電気活性を示すことの実験的証拠である。 Mu^+ の場合は電気陰性度の大きな酸素と O-H 状の結合をしていると考えられ、 Mu^- の場合は酸素欠損位置に入っていると推測される。また、観測された内部磁場分布 (核磁気モーメントを有する核種である In と Ga からの双極子磁場) の大きさは、これまで実験を行ってきた多結晶性やアモルファス薄膜での結果とほぼ同程度であることから、ミュオン近傍の局所構造が結晶性に関わらずほぼ不変であることを示唆している。講演では、角度依存性 / 外部磁場依存性の測定結果や酸素アニール試料の実験結果についても報告し、IGZO 中における希薄水素の電子状態について議論する予定である。

参考文献

- [1] Hongfei Li, Yuzheng Guo, and John Robertson. Sci. Rep. **7**, 16858 (2017)
- [2] J. Bang, S. Matsuishi, and H. Hosono, Appl. Phys. Lett. **110**, 232105 (2017)
- [3] 小嶋 健児, 他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 19a-F202-10 (2017)
- [4] 小林 裕樹, 他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 20a-PA4-12 (2018)