水素イオン注入 KNbO3 バルク単結晶中の水素の挙動:弾性反跳分析評価

Behavior of hydrogen in hydrogen-ion implanted KNbO3 bulk single crystal:

Evaluation by elastic recoil detection analysis

○鶴岡 遼太郎¹, 新川 輝¹, 西村 智朗¹,
田沼 千秋¹, 栗山 一男¹, 串田 一雅²
法政大学¹. 大阪教育大学²

R.Tsuruoka¹, A.Shinkawa¹, T.Nishimura¹, C.Tanuma¹, K.Kuriyama¹, K.Kushida¹

Hosei Univ.¹, Osaka kyoiku Univ.²

Ryotaro.tsuruoka.9v@stu.hosei.ac.jp

強誘電体材料の開発では、優れた特性を有しているチタン酸ジルコン酸鉛(PZT) 等の鉛系強誘電体材料が主に使用されているが、有害な鉛が含まれているため、環境 への影響が懸念される。最近、この問題に対処するために、PZT の代替材料として用 いることができる高性能な無鉛材料が期待されている。 KNbO₃(-10 ℃ ~ 225 ℃: 斜方晶)は鉛フリー強誘電体材料の一つである。強誘電体ゲート電界効果トランジス タは、強誘電体の表面伝導を使用する[1],[2]。著者らは、未注入の ZnO の抵抗率 2.5×10³ Ωcm から水素イオン注入を行うことで 6.5 Ωcm に低下したことを報告した[3]。本研 究では、KNbO₃に水素イオン注入を行い、Van der Pauw 法による電気的特性の評価と KNbO3内の水素の挙動を弾性反跳分析 (ERDA) 法を用いて評価した。KNbO3バルク 単結晶への水素イオン注入は TRIM シミュレーションに基づいて行った。ドーズ量 5.0×10¹⁵ cm⁻²、加速エネルギー 500 KeV で行った。水素イオンのピーク濃度は 3650 nm の深さにおいて 1.65×10²⁰ cm⁻³ である。光吸収測定により算出した KNbO₃のバンドギ ャップは 3.16 eV (392 nm)で、水素イオン注入後も変化は認められなかった。また、 計算したバンド構造は間接遷移型を示す。 電気的特性は Van der Pauw 法によりシート 抵抗測定を行った。電極は Ti/Au を用いた。未注入の KNbO₃のシート抵抗は 10⁸ Ω/□ 以上であったのに対し、水素イオン注入によって 2.3×10⁵Ω/□となり、3 桁以上低下し たことから、水素イオン注入による誘起欠陥の存在が考えられる。また、熱処理を加 えると 100 ℃のときは 2.3×10⁵ Ω/□となり、150 ℃のときは 4.3×10⁵ Ω/□と増加したこ とから水素イオンが外方拡散したと考えられる。1.5 MeV He⁺ を用いた ERDA 測定は 試料表面から深さ~100 nm までの水素を評価できる。試料表面から深さ ~60 nm にお ける水素ピーク濃度は~5.1×10¹⁴ cm⁻² (未注入 KNbO₃)、~5.6×10¹⁴ cm⁻² (水素イオン注入 KNbO₃)、~3.4×10¹⁴ cm⁻² (水素イオン注入 150 ℃アニール KNbO₃)であり、水素イオン の熱処理による外方拡散効果を示している。水素イオン注入及び熱処理後のシート抵 抗値は、未注入の試料よりも3桁低い。一方、水素濃度は未注入と注入後の試料は同 じオーダーである。したがって、水素イオン注入 KNbO3 中の低抵抗層は、格子間水 素や酸素原子空孔のようなプロトンによる誘起欠陥に起因する複合欠陥が浅いエネ ルギー準位を形成することが示唆される。

参考文献

- [1] G. Hirooka, M. Noda and M. Okuyama, Jpn. J. Appl. Phys. 43, 2190 (2004).
- [2] B. Y. Lee, T. Minami, T. Kanashima and M. Okuyama, Jpn. J. Appl. Phys. 45, 8608 (2006).
- [3] T. Kaida, K. Kamioka, T. Ida, K. Kuriyama, K. Kushida and A. Kinomura, Nucl. Instr. Meth. Phys. Res. B **332**, 15 (2014).