

パルスレーザー堆積法による $K(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_3$ 薄膜の作製とその電気光学特性評価 Fabrication of $K(\text{Ta}, \text{Nb})\text{O}_3$ Thin Films by Pulsed Laser Deposition and Characterization of the Electro-Optic Property

名大工¹, 岡大院² ◦櫻井 裕次¹, 山田 智明¹, 近藤 真矢², 吉野 正人¹, 長崎 正雅¹

Nagoya Univ.¹, Okayama Univ.² ◦Yuji Sakurai¹, Tomoaki Yamada¹, Shinya Kondo²,

Masahito Yoshino¹, and Takanori Nagasaki¹

E-mail: t-yamada@energy.nagoya-u.ac.jp

【緒言】

近年の情報通信システムの発展に伴い、電気光学(EO)デバイスの大幅な小型化と省エネルギー化が求められており、高いEO係数を有する薄膜材料の実現が期待されている。強誘電体 $K(\text{Ta}_x\text{Nb}_{1-x})\text{O}_3$ (KTN)は、バルク単結晶で大きな2次のEO効果(Kerr効果)を示すが、一方で高品質な薄膜の作製が困難であることが知られており[1]、KTN薄膜のEO係数についてはHoermanらのMOCVD法による報告例[2]のみで詳細はほとんど明らかにされていない。そこで、本研究では、パルスレーザー堆積(PLD)法にてKTN薄膜を作製し、得られたKTN薄膜のEO特性を明らかにすることを目的とした。

【実験方法】

PLD法を用いて、 $\text{SrTiO}_3(001)$ 単結晶基板上に、 SrRuO_3 下部電極層を基板温度 700°C 、酸素分圧 200 mTorr で膜厚 20 nm になるよう成膜し、その上にKTN ($x=0.6$)薄膜を基板温度 $650\sim 750^\circ\text{C}$ ・酸素分圧 $50\sim 200$ mTorr・ターゲット中のK過剰量 $15\sim 70\%$ で作製した。その後、上部電極として直径 200 μm 、厚さ 20 nm の白金薄膜を電子ビーム蒸着法で作製した。薄膜の結晶構造や配向性の評価はX線回折、電気特性の評価にはLCRメーターと強誘電体テストを用いた。また、EO特性の評価には自作の電界変調型のエリプソメーターを使用し[3]、電界に対する変調強度を測定することでEO係数を見積もった。

【実験結果と考察】

上記の種々の条件で作製を行った結果、基板温度 700°C 、酸素分圧 125 mTorr、ターゲット中のK過剰量 60%のとき、単相かつ誘電特性が評価可能な薄膜が得られることが分かった。この条件で成膜したKTN薄膜の誘電率の温度依存性測定の結果、バルク単結晶と同じく室温近傍で強誘電相転移を示すことが明らかとなり、比誘電率の最大値は 1275 (10 kHz)であった。また、Fig.1 に示すように、相転移近傍で特徴的なスリムな $P-E$ ヒステリシスループが室温で観測された。Fig.2 に電界の1次と2次に比例すると仮定して見積もられたEO係数を示す。MOCVD法によるKTN ($x=0.6$)薄膜の1次のEO係数の既報値は最大で 28 pm/V であり、本研究では同等以上の値が得られた。また、2次のEO係数が電界に対してほぼ一定であることから、本研究における印加電界の範囲ではKerr効果の寄与が高い可能性が示唆された。しかしバルクと比較すると $1/100$ 以下であり、これはHoermanらの報告と一致する。今後バルクと比較し、薄膜が示す低いEO係数の起源を明らかにする必要がある。

【参考文献】

- [1] R. Gerhard-Multhaupt *et al.*, *Ferroelectrics* **157**, 359 (1994).
- [2] B. H. Hoerman *et al.*, *Opt. Commun.* **219**, 377 (2003).
- [3] S. Kondo *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **115**, 092901 (2019).

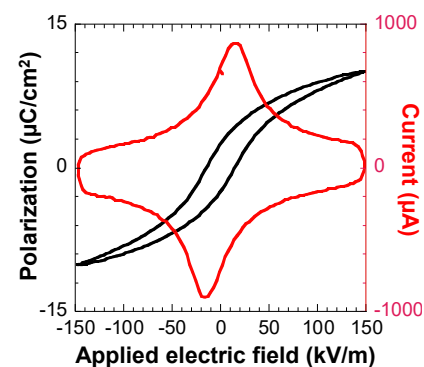


Fig. 1 $P-E$ hysteresis loop and polarization reversal current measured at 10 kHz for the KTN film.

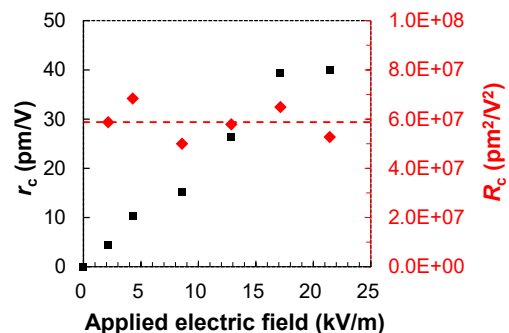


Fig. 2 Linear and quadratic EO coefficients for the KTN film.