

室温でのパルスレーザー照射による エピタキシャル β - Ga_2O_3 薄膜の作製とドーピングの影響

Doping effect on epitaxy of β - Ga_2O_3 by excimer laser annealing at room temperature

○渡邊 一樹(M2)¹, 甲斐 稜也¹, 大賀 友瑛¹, 金子 智^{2,1}, 松田 晃史¹, 吉本 護¹

Tokyo Tech¹, KISTEC²

○Kazuki Watanabe¹, R. Kai¹, T. Oga¹, S. Kaneko^{2,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

E-mail: watanabe.k.cr@m.titech.ac.jp

【はじめに】酸化ガリウム(Ga_2O_3)は、 α - ε の5つの多形を持ち、中でも熱力学的に最安定相である β 型は約4.9 eVの広いバンドギャップをもつため、高速応答の深紫外光センサーや高耐圧なパワーデバイスなどへエピタキシャル薄膜の応用が期待されている。 Ga_2O_3 は、主に Si^{4+} といった4価イオンドーピングなどによるn型半導体が報告されており^[1]、また Mg^{2+} や Zn^{2+} などの2価イオンドーピングによるp型作製の研究もみられる^[2]。しかし、酸素空孔とドーパント補償などの要因から明確なp型伝導には未だ至っていない^[3]。このことから、より低価数の Cu^+ のような1価イオンドーピングが検討されている^[4]。一方で、 β - Ga_2O_3 薄膜成長には400°C以上の基板温度や熱処理が用いられてきたが、蒸気圧が高いドーパント種、特に1-2族の金属イオンを用いた場合は組成再現性に課題が生じる。これに対して、我々はこれまでにバッファ層とエキシマレーザーアニリング(ELA)を用い、室温におけるエピタキシャル β - Ga_2O_3 薄膜合成を得た^[5]。ELAプロセスはパルスレーザー照射による極短時間での固相結晶化を誘起し、ドーパントの蒸発や分相析出などの抑制が期待できる。本研究では、 β - Ga_2O_3 薄膜への低価数ドーピングによる特性制御を目的とし、1価イオンドーパントとして Li^+ に着目してELA固相エピタキシャル結晶成長と構造・特性への影響について検討した。

【実験と結果】まず5 at% Li-doped Ga_2O_3 非晶質前駆体薄膜を、KrFエキシマレーザー($\lambda=248$ nm, $d\sim 20$ ns, $E\sim 1.2$ J/cm²)を用いたPLD法により、MgO(111)バッファ層(約2 nm)を導入した原子ステップC面サファイア基板に堆積した。基板温度と雰囲気は、それぞれ室温および 1.0×10^{-6} Paの超高真空中とした。次に、得られた前駆体薄膜に対してELAを、非集光のKrFエキシマレーザー($E\sim 0.175$ J/cm²)を1250パルス(5 Hz)、大気中・室温において基板裏面から照射して行った。図1は5 at% Liドーパ薄膜についてELA前後のXRDパターンであり、ELA後に β 相結晶の(-201)面直配向を示した。またRHEEDにおけるストリークパターンの面内異方性が表れたことから、5 at% Li-doped β - Ga_2O_3 (-201)薄膜のエピタキシャル結晶化が得られた。図2はELA後のTOF-SIMSによる深さ方向における元素分析の結果である。ELA後においても薄膜中にLiの存在が確認され、ELAでドーパントの脱離が抑制されていることが示唆された。一方で、基板中へのGaと Li^+ 、また薄膜中への Mg^+ と Al^+ の拡散もみられるが、結晶化には短時間の熱過程を伴うことも示唆された。講演では、pure β - Ga_2O_3 薄膜との構造および特性評価の比較についても報告する。

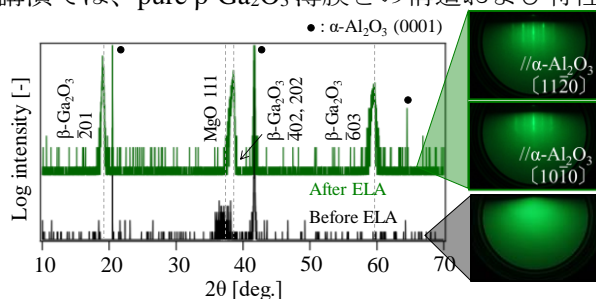


Fig. 1 XRD patterns and RHEED images of 5 at% Li-doped β - Ga_2O_3 thin films before and after ELA at R.T. in air.

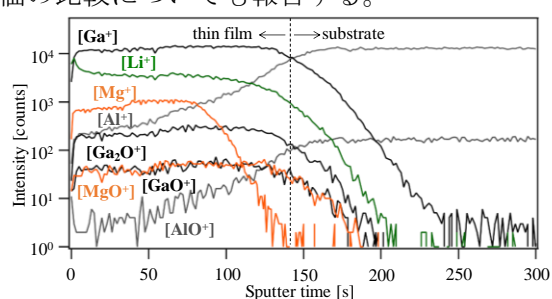


Fig. 2 TOF-SIMS depth profiles of 5 at% Li-doped β - Ga_2O_3 thin films after ELA at R.T. in air. (measured by OFC. Mater. Anlys. Div, TokyoTech)

[1] F. B. Zhang et al., *J. Mater. Sci.: Mater. Electron* **26**, 9624, (2015). [2] Y. Su et al., *J. Alloys Compd.* **782**, 299, (2019). [3] C. Tang et al., *RSC Adv.* **6**, 78322, (2016). [4] Y. Zhang et al., *Mater. Sci. Eng. B* **176**, 846, (2011). [5] D. Shiojiri et al., *J. Cryst. Growth* **424**, 38, (2015).