p/n 半導性制御のための不純物ドープ β-Ga_2O_3 薄膜の室温固相結晶化に向けたエキシマレーザーアニールプロセスの検討

Investigation of excimer laser annealing process for room temperature solid phase crystallization of impurity-doped β-Ga_2O_3 thin films for p/n semiconductivity control

(東工大物質理工 [1]，神奈川県産技総研 [2])
○沼田拓実(M1) [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 Tech [1], KISTEC [2])
○Takumi Numata[1], R. Kai[1], T. Oga[1], S. Kaneko[2,1], A. Matsuda[1], M. Yoshimoto[1]
E-mail: numata.t.ad@m.titech.ac.jp

[はじめに] ワイドギャップ半導体の一つである β 型酸化ガリウム(β-Ga_2O_3,E_g~4.9eV)は、LED のような光学素子やパワーデバイス用 MOSFETs の材料などの幅広い工学的応用が期待されている[1]。β-Ga_2O_3 のデバイス開発のために不純物ドーピングによる p/n 制御が必要である。しかし、明確な p 型伝導には至っておらず、n 型についても 500℃以上での高温合成の報告がほとんどである。一方で我々は、β-Ga_2O_3 について緩衝層の導入と室温大気中でのエキシマレーザーアニーリング(ELA)の活用により、室温でのエピタキシャル薄膜の合成に成功している[2] 。ELA はパルス紫外レーザーを用いて熱的に非平衡な光化学反応を短時間に起こし、結晶化などを誘起する低温プロセス手法の一つであり、高品質な膜の合成だけでなく、不純物ドーパントの蒸発などを抑制した低温結晶化の促進が期待できる。本研究は、不純物をドープした β-Ga_2O_3 のエピタキシャル薄膜の ELA 合成を行い、深さ方向の元素分析により ELA 前後での不純物の分布を比較し、ELA による不純物の拡散について分析を行った。

【実験と結果】KrF エキシマレーザー(λ=248 nm, d~20ns, E~1.5J/cm^2)を用いた PLD 法により、MgO(111)緩衝層(約 2 nm)を導入した原子ステップ C 面サファイア基板上に、Sn もしくは Mg をドープした Ga_2O_3 非晶質薄膜と Pure-Ga_2O_3 非晶質薄膜を、それぞれ交互に 2 層ずつ室温及び 1.0×10^{-6}Pa の超高真空中で堆積した。得られた前駆体薄膜に対して、KrF エキシマレーザー(275mJ/cm^2)を大気中かつ室温で、膜側から 1000 パルス(5Hz)照射し、ELA を行った。図 1 は Mg-dope Ga_2O_3 非晶質前駆体薄膜に対して ELA 処理を施した試料の薄膜 XRD パターンである。その結果、(-201)配向を示し、RHEED 観察でも 2 種類のストリークが確認できたことから、β-Ga_2O_3(-201)エピタキシャル薄膜が得られたことが示唆された。図 2 は同試料の ELA 前後の TOF-SIMS の深さ方向の測定結果である。ELA 前は Mg^+の強度が積層に起因する明確な起伏が確認できるのに対し、ELA 後ではその強度が比較的平坦になった。このことから、ELA によって Mg^+が膜内で拡散したことが分かった。

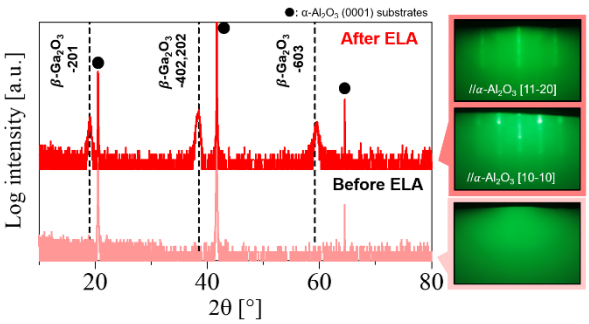

Fig. 1 XRD patterns and RHHED images of 15 at% Mg-doped β-Ga2O3 laminated films before and after ELA at R.T. in air.

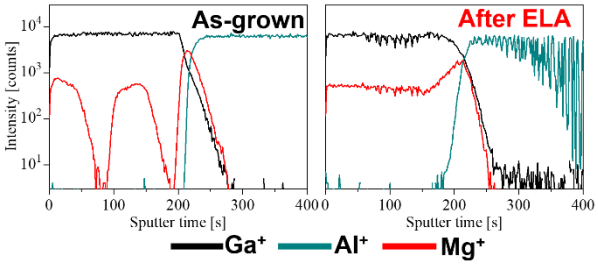

Fig. 2 TOF-SIMS depth profiles of 15 at% Mg-Ga_2O_3 laminated films before and after ELA at R.T. in air. (Measured by OFC. Mater. Anlys. Div, TokyoTech)

[1]M. Higashiwaki at el., Appl. Phys. Lett. **100**, 013504　(2012).
[2]D. Shiojiri at el., Appl. Phys. Express **9**, 105502 (2016).