

室温レーザーアニールによる β -Ga₂O₃ 薄膜の 固相エピタキシーに与える NiO バッファ層の影響

Influence of NiO buffer layer on solid phase epitaxy of β -Ga₂O₃ thin films by laser annealing at room temperature

°中村稀星¹, 内田啓貴¹, 土嶺信男², 小山浩司³, 金子 智^{4,1}, 松田晃史¹, 吉本 護¹

(1.東工大・物質理工、2.(株)豊島製作所、3.(株)並木精密宝石、4.神奈川県産技セ)

°K. Nakamura¹, H. Uchida¹, N. Tsuchimine², K. Koyama³, S. Kaneko^{4,1}, A. Matsuda¹, M. Yoshimoto¹

(1. Tokyo Inst. of Tech., 2. TOSHIMA Manu., 3. Namiki Precision Jewel, 4. Kanagawa Ind. Tech. Center)

E-mail: yoshimoto.m.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】 β 型酸化ガリウム(β -Ga₂O₃)は GaN や SiC と比較し、ダイヤモンドと同程度である約 5 eV の大きなバンドギャップをもつ半導体である^[1]。 β -Ga₂O₃ は深紫外まで透明であることや、Si や Sn のドーピングによるキャリア濃度の制御も可能であることから、そのエピタキシャル薄膜は紫外域のオプトエレクトロニクスをはじめパワーデバイスなどへの広い応用が期待されている^[2]。デバイス応用には、 β -Ga₂O₃ 薄膜の結晶性や配向性に加えて、表面平坦性や界面急峻性の向上も重要であり、反応層生成や粗大な結晶粒成長を抑制する低温プロセスが寄与できる。我々はこれまでに、酸化ニッケル(NiO)バッファ層の導入による薄膜-基板間の格子ミスマッチ低減や、ワイドギャップ材料でも効率的に吸収される紫外線レーザーを用いたエキシマレーザーアニリング(ELA)による非晶質薄膜の固相結晶化などのアプローチで、表面平坦な β -Ga₂O₃ エピタキシャル薄膜が得られる室温プロセスを見出している^[3,4]。本研究では、室温での ELA において NiO バッファ層誘起による β -Ga₂O₃ 薄膜のエピタキシャル固相結晶化過程を明らかにすることを目的とし、バッファ層の構造が β -Ga₂O₃ エピタキシャル薄膜の結晶性、光学的特性などに与える影響について検討した。

【実験及び結果】まず、前駆体となる Ga₂O₃ 非晶質薄膜および NiO(111)エピタキシャルバッファ層はパルスレーザー堆積(PLD)法により作製した。KrF エキシマレーザー($\lambda=248$ nm、パルス幅 20 ns)と β -Ga₂O₃ および NiO 焼結体ターゲットを使用し、 α -Al₂O₃ (0001)基板上に堆積した。雰囲気は希薄 O₂ (1.0×10^{-5} Torr)、および基板温度は室温($\sim 20^\circ\text{C}$ 、非加熱)とした。前駆体 Ga₂O₃ 非晶質薄膜は膜厚を固定し(40 nm、70 nm)、NiO バッファ層の膜厚を 2 nm、20 nm、40 nm の 3 条件とした。続いて、得られた Ga₂O₃ 非晶質薄膜表面に対して、大気中、室温(基板非加熱)において KrF エキシマレーザーをエネルギー密度 $250 \text{ mJ}/\text{cm}^2$ で 500 pulse 照射し ELA を行った。図 1 に NiO バッファ層を 2 nm と 40 nm 導入した際の(a)NiO(111)/ α -Al₂O₃ 薄膜、(b)前駆体 Ga₂O₃/NiO/ α -Al₂O₃ 薄膜および(c) β -Ga₂O₃/NiO/ α -Al₂O₃ 薄膜の反射高速電子線回折(RHEED)像を示す。層厚 2 nm および 40 nm いずれの NiO(111)バッファ層上でも配向結晶化した β -Ga₂O₃ 薄膜が得られたが、40 nm バッファ層上では 2 倍周期構造に対応する回折ストリークが見られ、エピタキシャル膜に特有な RHEED パターンの異方性が見られた。厚みの違いによるバッファ層の格子歪みなどが β -Ga₂O₃ の ELA 固相結晶化に及ぼす影響について、X 線構造解析の詳細と合わせて報告する。

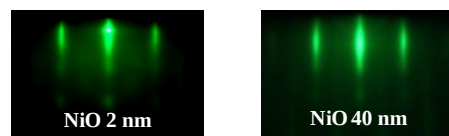
[1] M. Orita, et al., Appl. Phys. Lett. 77 (2000) 4166.

[2] M. Higashiwaki, et al., Appl. Phys. Lett. 100 (2012) 013504.

[3] D. Shiojiri, et al., J.Cryst.Growth 424 (2015) 38.

[4] 内田啓貴他、第 63 回応用物理学会春季学術講演会

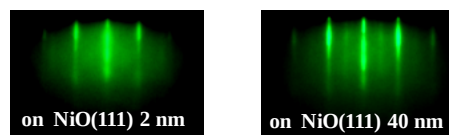
20a-W321-6 (2016).



(a)NiO(111)/ α -Al₂O₃(0001)バッファ層



(b)ELA前の前駆体Ga₂O₃薄膜



(c)ELA固相結晶化後の β -Ga₂O₃薄膜

図 1 NiO(111)バッファ層(2 nm、40 nm)上に作製した Ga₂O₃ 薄膜の RHEED 像($\parallel \alpha$ -Al₂O₃ [10 $\bar{1}$ 0])

(a)NiO バッファ層

(b)前駆体 Ga₂O₃ 非晶質薄膜

(c)ELA 後(500 pulse)の β -Ga₂O₃ 結晶薄膜