GaN 系ナノ光デバイスに向けた AlInN の厚膜成長

Growth of thick AlInN layers for fabrication of GaN based nanoscale photonic devices

阪大院工 ^O稲葉 智宏, 児島 貴徳, 藤原 康文

1. Graduate School of Engineering, Osaka University, Tomohiro Inaba¹, Takanori Kojima¹ and Yasufumi Fujiwara¹ E-mail: tomohiro.inaba@mat.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】発光体の輻射モードを制御し低閾値レーザーを実現するために、フォトニック結 晶(PhC)[1]やマイクロディスク共振器[2]が注目されている。それらの共振器構造を作製する際に は(1)選択ウェットエッチングが可能で、(2)十分に厚い膜厚を成長可能な犠牲層が必要となる。 III 族窒化物半導体において上述の条件を満たす材料としては、GaN に格子整合する Al_{0.82}In_{0.18}N が考えられるが[2]、厚膜化すると In ドロップレットの析出[3]による結晶性の劣化により 200 nm 以上の膜厚で高品質な Al_{0.82}In_{0.18}N の報告例はない[2, 3]。一方で、我々は 622 nm で発光する Eu 添加 GaN (GaN:Eu)を研究している[4]。GaN:Eu を用いたレーザーダイオード実現のために 2 次 元 PhC の利用が考えられる。そこで高 Q 値 2 次元 PhC を実現するために必要な Al_{0.82}In_{0.18}N の膜 厚を数値解析により求めた後に、Al_{0.82}In_{0.18}N の厚膜化を検討したので報告する。

【実験方法】まずは、高Q値2次元PhCの作製にどの程度の膜厚の犠牲層が必要か有限差分時 間領域法(FDTD)で検討を行った。次に、OMVPE 法によりサファイア基板上に低温バッファ層 を介してGaNを成長させ、その上にAl_{0.82}In_{0.18}Nを成長させた。(a)Al_{0.82}In_{0.18}Nを600 nm 連続成 長したものと、(b) Al_{0.82}In_{0.18}Nを75 nm 成長した後に、GaN キャップ層を数 nm 成長させ昇温し、 高温でGaN キャップ層を数 nm 成長した後に、降温し再度 Al_{0.82}In_{0.18}Nを成長するシーケンスを 繰り返し、合計膜厚が 600 nm である試料の2種類を作製した。

【実験結果】Fig. 1 に FDTD 法により計算した 2 次元 PhC 構造(試料構造は Fig. 1 の挿入図)の Q 値の空気クラッド層膜厚依存性を示す。なお、図中の∞は基板がない場合の計算結果を示す。こ れより、GaN:Eu の発光波長にして約 1 波長分に相当する 600 nm、2 次元 PhC 構造を基板から離 せば、高い Q 値が得られることが判明した。そこで、膜厚が 600 nm の Al_{0.82}In_{0.18}N を上述のシ ーケンスで成長した。試料(a), (b)の AFM 像(1×1 μ m²)を Fig. 2 に示す。試料(a)は RMS が 7.15 nm と凹凸の大きい表面状態であったのに対し、試料(b)は RMS が 0.17 nm でありステップも確認さ れたことから、上述の成長シーケンスにより大幅に表面の平坦性が向上していることが確認され た。(b)の昇温シーケンスの際に、AlInN 成長時に表面に析出する In ドロップレットがエッチン グされたため、厚膜でありながら平坦な表面である Al_{0.82}In_{0.18}N が実現したと考えられる[5]。

[1] S. Sergent *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 121103 (2012).
[2] D. Simeonov *et al.*, Appl. Phys. Lett. **92**, 171102 (2008).
[3] S. Zhang *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **44** 075405 (2011).
[4] A. Nishikawa, Y. Fujiwara *et al.*, Appl. Phys. Exp. **2**, 071004 (2009).
[5] T. Yamamoto *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 05FD03 (2016).



Fig.1Q値の空気クラッド層膜厚 依存性と計算に用いた試料構造





Fig. 2 試料(a), (b)の AFM 像