

高品質窒化物半導体自立薄膜垂直微小共振器の 構造・光学特性評価

Structural and Optical Characterization of High-Quality

Vertical Microcavities with Free-Standing III-Nitride Thin Films

東大ナノ量子機構¹, 東大生産研² ○有田 宗貴¹, 陶 仁春², 加古 敏², 荒川 泰彦^{1,2}

NanoQuine¹, IIS², Univ. of Tokyo, ○Munetaka Arita¹, Renchun Tao², Satoshi Kako²,

Yasuhiko Arakawa^{1,2}

E-mail: arita@iis.u-tokyo.ac.jp

背景：励起子の結合エネルギーや振動子強度が大きな III 族窒化物半導体は、室温動作ポラリトンレーザなどへの応用が期待される。一般に励起子ポラリトンの形成には垂直微小共振器が用いられるが、窒化物半導体の場合その形成・高品質化が課題である。これまでに、我々は GaN 選択的熱分解による高品質自立 AlGaIn 薄膜の形成と高品質垂直微小共振器の作製に成功している[1]。今回、当該手法の可能性を追求し、さらなる高 Q 値化を達成したので報告する。

実験：(1-100)面 GaN 基板上に AlGaIn エッチストップ層(膜厚~3 nm)、AlGaIn/InGaIn/AlGaIn/GaN 単一量子井戸を常圧 MOCVD 成長した。劈開断面からエッチストップ層以下の GaN バルク層のみを選択的に H₂/NH₃ 雰囲気中で熱分解し[2]、自立薄膜(共振器長 14λ)を形成した。サファイア基板上 SiO₂/ZrO₂ 多層膜反射鏡へ転写後、その上から同様の反射鏡を堆積して垂直微小共振器を構成した。励起レーザ(CW、波長 266 nm)を量子井戸側表面から斜入射し、低温顕微 PL 測定を行った。

結果：最も鋭いピークの Q 値は 2.4×10^4 (測定系分解能分補正後)に達する(図 1)。これは窒化物半導体のあらゆる微小共振器能動素子中で最大の値である。同一と仮定したときの上下 DBR の実効反射率は 99.5 %と見積もられ、DBR 単体での実測値(99.6 ~ 99.8 %)と近い。窒化物半導体自立薄膜の表面は数 μm オーダーにわたって極めて平坦(RMS 粗さ~ 2 Å)であり、その散乱損失は抑制されていることが示唆される。一方、高エネルギー側に複数現れるピークの起源は未解明であるが、マクロステップによって形成された共振器長もしくは表面垂直方向の異なる構造の寄与が観測にかかっている可能性がある。共振器量子電磁学的効果の観測のためには今後構造の最適化が必要であるが、提案した手法を用いて極めて高性能な共振器の作製が可能であることを実証した点において、本研究は重要な技術的進歩といえる。

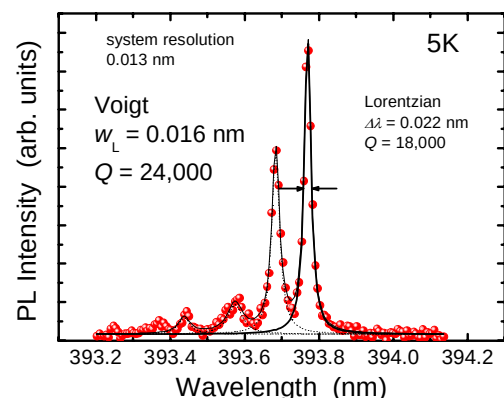


Fig. 1: Micro-PL spectrum of a vertical microcavity

謝辞：本研究は文部科学省イノベーションシステム整備事業および最先端研究開発支援プログラムにより遂行された。

参考文献：[1] 有田 他、第 60 回応用物理学会春季学術講演会、27a-G21-3 (2013).

[2] M. Arita et al., Appl. Phys. Express 5, 126502 (2012).