

プレート差込型積層方式を用いた 三次元フォトニック結晶ナノ共振器の作製と光学的評価 Fabrication of Three-Dimensional Photonic Crystal Nanocavities by Plate-Insertion Stacking Method and their Optical Characterization

田尻武義¹, 高橋駿², 太田泰友², 館林潤², 岩本敏^{1,2}, 荒川泰彦^{1,2}

(1. 東大生研、2. ナノ量子機構)

T. Tajiri¹, S. Takahashi², Y. Ota², J. Tatebayashi², S. Iwamoto^{1,2}, Y. Arakawa^{1,2}

(1. IIS, Univ. of Tokyo., 2. NanoQuine, Univ. of Tokyo.)

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

三次元フォトニック結晶(3D PC)の作製手法として、これまでに直接描画法[1]や張り合わせ[2]、マイクロマニピュレーション法[3]などが提案されてきた。特に、二次元パターンをもつプレートをマイクロマニピュレーション法によって積層した 3D PC ナノ共振器では、世界最高 Q 値が達成されている[4]。しかしながら、本手法ではプレートおよび積層用ガイドの寸法により作製可能な構造サイズが制限されるため、更なる Q 値の向上や多数の素子の集積が難しい。本研究では、プレートを溝に垂直に差し込むことによって、これまでより多くのプレートを積層することが可能なプレート差込型積層方式[5]を用いて 3D PC ナノ共振器を作製し、その光学的評価を行ったので報告する。

図 1 にプレート差込型積層方式を示す。まず、電子線リソグラフィ法により GaAs/AlGaAs/GaAs 基板上に二次元パターンをもつプレートとプレート差込用スロットを作製する。スロットは GaAs スラブ下に空洞を有しており、プレートの形状と合致している。マイクロマニピュレーション法によって、プレートは手前の広い開口から奥側に金属プローブを使ってはめ込まれる。図 2 は、本手法を用いて作製した 31 層の<110>層状ダイヤモンド構造 3D PC 構造[6]の SEM 像を示している。図 3 は 17 層の 3D PC 構造の中間層に共振器構造と InAs/GaAs 量子ドットを埋め込んだ 3D PC ナノ共振器より得られた発光スペクトルを示している。同図に矢印で示すように波長 1095 nm と 1114 nm に共振器モードに起因するピークが観測された。層数が少ないために Q 値は、いずれも数百程度であるが、更なる積層によってその向上が期待される。

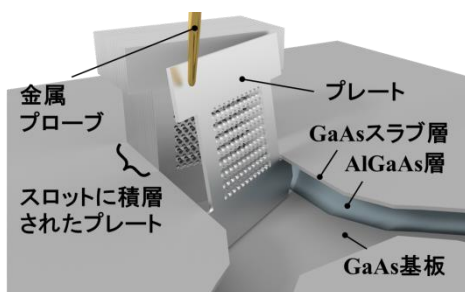


Fig.1 Schematic of plate-insertion stacking method. Plates are inserted and stacked in a slot on the GaAs slab layer using micro-manipulation technique.

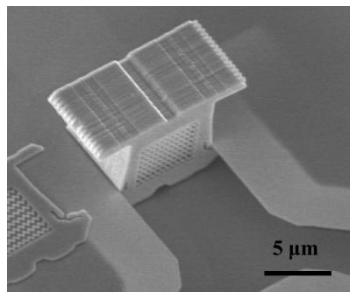


Fig.2 SEM image of <110>-layered diamond 3D PC structure composed of 31 plates stacked in a slot by the plate-insertion stacking method

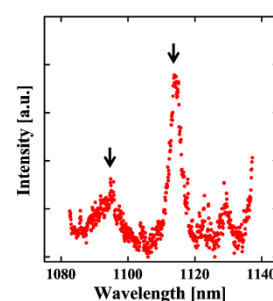


Fig.3 μ -PL spectrum observed from a 3D PC nanocavity with 17 layers. Arrows indicate the peaks originate from the cavity modes.

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により遂行された。

参考文献：[1] I. Staude, *et al.*, Opt. Lett. 35, 7 (2010). [2] S. Ogawa, *et al.*, science, 305, 227 (2004). [3] K. Aoki, *et al.*, Nature Mater. 2, 117 (2003). [4] A. Tandraechanurat, *et al.*, Nature photonics. 5, 91 (2011). [5] 田尻他、第 62 回応用物理学会春季学術講演会(東海大学), 12p-A10-16, 2015 年 3 月. [6] T.Tajiri, *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 53, 04EG08 (2014).