

## 高指数面上の副格子交換エピタキシーと面発光テラヘルツ素子

### Sublattice Reversal Epitaxy on High-Index Substrate and Its Application to Novel Surface-Emitting Terahertz Devices

徳島大理工<sup>1</sup>, 産総研<sup>2</sup>, 千葉大工<sup>3</sup>, °北田貴弘<sup>1</sup>, 盧翔孟<sup>1</sup>, 南康夫<sup>1</sup>, 熊谷直人<sup>2</sup>, 森田健<sup>3</sup>  
Tokushima Univ.<sup>1</sup>, AIST<sup>2</sup>, Chiba Univ.<sup>3</sup>, °T. Kitada<sup>1</sup>, X.M. Lu<sup>1</sup>, Y. Minami<sup>1</sup>, N. Kumagai<sup>2</sup>, K. Morita<sup>3</sup>  
E-mail: t.kitada@tokushima-u.ac.jp

テラヘルツ電磁波を利用した分光分析、イメージング、無線通信等は環境、医療、安全、情報通信等様々な分野で期待されている。その普及には、取り扱いが簡便で小型・高性能の光源素子が望まれる。我々は、化合物半導体多層膜で構成する結合共振器を利用した新しいタイプの面発光テラヘルツ素子を提案し、その開発をすすめている。[1] 2つの微小光共振器をブラッグ反射多層膜 (DBR 膜) で結合した GaAs/AlGaAs 結合共振器には、2つの共振器モードが形成される。モード周波数差は数テラヘルツの領域にあり、結合する DBR 膜の積層数で制御できる。本構造を高指数面基板上的エピタキシャル成長により作製すると、二次非線形光学効果で生じる差周波発生によりテラヘルツ波を得ることが可能になる。垂直共振器面発光レーザ (VCSEL) 技術を使って、二波長レーザ発振する電流注入型の素子とすると、基本波となる2つのモード光を結合共振器内部でつくりだせるため、電流駆動で室温動作する小型で簡便な面発光テラヘルツ素子が実現できる。発生効率を高める上で、結合する2つの共振器の光学的厚さを厳密に一致させて強結合状態にする、二次非線形感受率を異なるものにして差周波発生を担う非線形分極を制御するの2点が特に重要である。2つのモード光の内部電場強度は著しく増強されるため、2つの共振器層には巨大な非線形分極が生じる。非線形感受率が同じである場合、発生するテラヘルツ波の打ち消し合いが顕著になってしまう。解消するには、結合する DBR 膜の中央を境として感受率の符号を反転させることが最も望ましい。符号を反転させるには結晶構造を空間反転しなければならない。実現する手法の一つとして、エピウエハの直接接合があげられる。一方、III-V 族半導体薄膜のエピタキシャル成長の途中で IV 族元素を挿入すると、その上下で副格子の配列が交換する副格子交換エピタキシーと呼ばれる技術が報告されている。大きな二次非線形感受率が得られる高指数面基板上で実現できれば、感受率の符号反転がエピタキシャル成長だけで可能になる。ウエハ接合では必須の2つの個別エピウエハを用意する必要がなくなり、共振器の光学的厚さを一致させるのも比較的容易になる。さらに、素子化する際の基板除去の工程が不要となるメリットもある。本講演では、ウエハ接合による結合共振器薄膜を使って試作した電流注入型面発光素子の特性と、(113)B GaAs 基板上的 GaAs/Ge/GaAs 構造で実現した副格子交換エピタキシー技術による分極反転型結合共振器薄膜の成長について紹介する。

[1] T. Kitada, H. Ota, X.M. Lu, N. Kumagai, and T. Isu, IEICE Trans. Electron. E100-C, 171 (2017).