

ウエハ接合界面での光損失を低減した量子ドット結合共振器の作製

Reduced optical loss at the wafer-bonding interface in a QD coupled cavity structure

徳島大院フロンティア ○北田貴弘, 原山千穂, 太田寛人, 前川知久, 盧翔孟, 熊谷直人, 井須俊郎

Univ. of Tokushima ○T. Kitada, C. Harayama, H. Ota, T. Maekawa, X. M. Lu, N. Kumagai, T. Isu

E-mail: kitada@frc.tokushima-u.ac.jp

多層膜結合共振器に生じる2つの共振器モードの差周波発生による新規な面型テラヘルツ波発生素子を提案している。¹⁾ テラヘルツ波発生には、エピタキシャル成長とウエハ接合により2次非線形分極の空間構造を制御した結合共振器が極めて有効であり、²⁾ また、片方の共振器層に InAs 量子ドットを挿入することで2つのモード光を GaAs/AlAs 結合共振器内部で生成することが可能である。³⁾ MBE 法で作製した GaAs/AlGaAs DBR 膜で構成する(113)B 基板上的 GaAs 共振器と、pn 接合を含む (001)基板上的量子ドット共振器をウエハ接合することで、電流注入で動作する結合共振器薄膜を作製できる。結合 DBR 膜の中央に位置する GaAs で接合した場合、等価な共振器の結合であっても等強度での二波長発光が得られなかった。⁴⁾ 接合界面での光電場は、一方のモードで腹となるのに対して、他方のモードでは節となるため、界面での光損失が2つのモードで異なることに起因すると思われる。今回、接合する位置を変えることで、両モードともに界面での光損失を低減した結合共振器薄膜の作製を試みた。

(113)B GaAs 基板上的共振器層は、厚さが 2λ の GaAs とし、基板側の GaAs/AlGaAs $\lambda/4$ -DBR 膜はアンドープである。一方、(001)基板上的 GaAs 2λ 共振器層には9層の InAs 量子ドットを挿入し、表面側の DBR 膜は n 型に、基板側は p 型にドーピングした。接合は、(113)B 基板側の 2λ 共振器層に隣接する GaAs 層で行った。(図1) この GaAs 層の厚さは $3\lambda/4$ で、両モードともにほぼ電場の節となる位置に接合界面がある。2つのエピタキシャルウエハの接合には表面活性化常温接合法を用い、接合後、機械研磨と選択ウエットエッチングにより(001) GaAs 基板を完全に除去した。光励起で測定した発光スペクトルを図2に示す。励起光源としてマルチモード半導体レーザー (cw, 波長 ~ 920 nm) を用いた。励起光のスポット径は試料表面上で約 $250\ \mu\text{m}$ で、測定は室温にて行った。波長 $1282.2\ \text{nm}$ と $1293.9\ \text{nm}$ に2つの共振器モードによる鋭い発光ピークがみられる。モード周波数差は設計した値に等しい $2.1\ \text{THz}$ で、ほぼ等強度での二波長発光が実現できている。

¹⁾ T. Kitada et al., Appl. Phys. Lett. **95** (2009) 111106.

²⁾ T. Kitada et al., Appl. Phys. Lett. **102** (2013) 251118.

³⁾ C. Harayama et al., Jpn. J. Appl. Phys. **53** (2014) 04EG11.

⁴⁾ 北田他、第 75 回応物秋季学術講演会, 18p-A27-2 (2014).

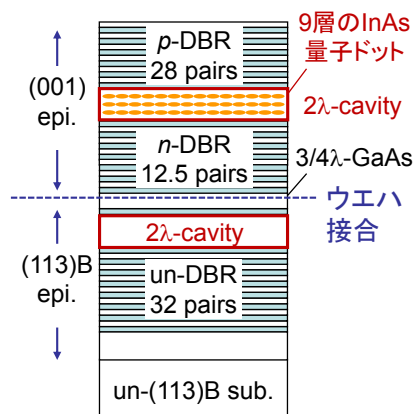


図1: 結合共振器薄膜構造

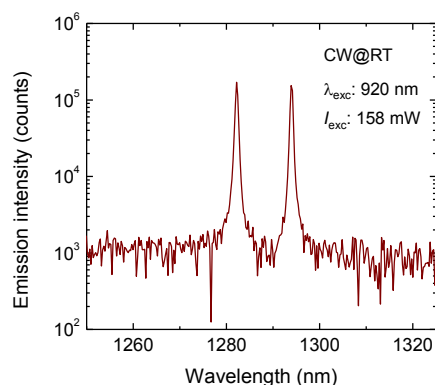


図2: 発光スペクトル