

(113)B 基板上的 InAs 量子ドットを有する GaAs/AlAs 結合共振器への フェムト秒パルス照射によるテラヘルツ帯差周波発生 (II)

Terahertz DFG from GaAs/AlAs coupled multilayer cavity with InAs QDs
using femto-second laser pulse (II)

徳島大院フロンティア, °大柄根斉宣, 高本俊昭, 盧翔孟,
熊谷直人, 北田貴弘, 井須俊郎

°M. Ogarane, T. Takamoto, X. M. Lu, N. Kumagai, T. Kitada, T. Isu

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

新しいテラヘルツ波発生素子として、2つの等価な共振器層を GaAs/AlAs $\lambda/4$ -DBR 多層膜で結合した多層膜結合共振器構造の研究を進めている。¹⁾ 結合により生じる2つの共振器モードの周波数差はテラヘルツ領域にあり、2次非線形光学効果が生じる高指数面基板では2つのモード光による高効率の差周波発生が期待できる。実際、(113)B 基板上的 GaAs/AlAs 結合共振器にフェムト秒のパルスレーザ光を照射して2つの共振器モードを同時励起すると、明瞭なテラヘルツ帯の差周波信号が観測された。²⁾ 強い非線形性を持つ媒質を共振器層に導入することにより、テラヘルツ信号の増大が期待される。前回、歪緩和 InGaAs 層に埋め込みこんだ $1.5 \mu\text{m}$ 近傍に吸収のある量子ドットを用いた。³⁾ 本研究では、 $1.0 \mu\text{m}$ 帯で優れた発光特性を示す InAs 量子ドット⁴⁾ を用い、それを共振器層に挿入した GaAs/AlAs 多層膜結合共振器からのテラヘルツ帯差周波発生の観測を行った。

(113)B 基板に作製した試料の構造は、2つの GaAs 2λ -共振器層を 10.5 周期の GaAs/AlAs (111/130 nm) DBR 多層膜で結合し、表面側、基板側に各々 12, 16 周期の DBR 膜を形成した構造である。5 層の InAs 量子ドット(2.3 ML)を表面側の共振器層に挿入した。この量子ドットは、厚さ 0.5 ML の AlAs 層でキャップされており、 $1.0 \mu\text{m}$ 帯で優れた発光特性を示す。⁴⁾ テラヘルツ帯差周波発生は $1.5 \mu\text{m}$ 帯の超短光パルスレーザで2つの共振器モードを励起して行い、発生したテラヘルツ電場は、光伝導アンテナスイッチにより時間分解検出した。図 1 に、測定したテラヘルツ電場の実時間波形を示す。周期的な振動(0.44 ps)が観測され、反射率スペクトルにより確認した、2つの共振器モードの周波数差(2.27 THz)と一致した。図 2 は量子ドットを含まない試料と 5 層の量子ドットを含む試料のテラヘルツ電場のフーリエ変換スペクトルを示す。フーリエ変換スペクトルでは量子ドットを導入した試料の差周波成分は 2 倍の強度を示した。GaAs 共振器層に量子ドットを導入した試料のテラヘルツ信号の増大は、InAs 量子ドットの有用性を示している。

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

²⁾ K. Morita et al., APEX **4** (2011) 102102.

³⁾ 第 74 回応用物理学会春季学術講演会, No.18p-D6-13, 2013 年 9 月.

⁴⁾ 第 61 回応用物理学会春季学術講演会, No.18a-E15-1, 2014 年 3 月.

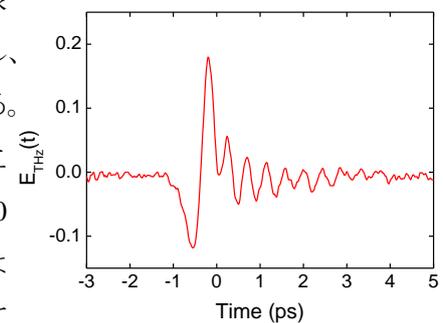


図 1 : テラヘルツ電場の実時間波形

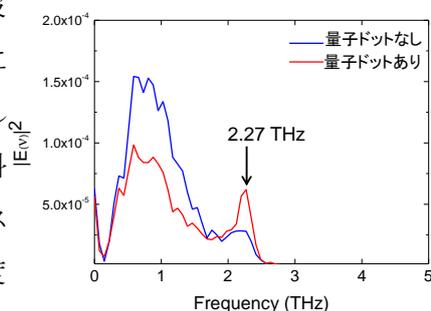


図 2 : テラヘルツ電場のフーリエ
変換スペクトル