

結合量子井戸構造を用いた量子カスケード検出器

Coupled quantum well design quantum cascade detector

浜松ホトニクス(株)中央研究所 ○道垣内 龍男, 藤田 和上, 廣畑 徹, 伊藤 昭生,
日高 正洋, 枝村 忠孝

Hamamatsu Photonics K. K. Central Research Laboratories.

○Tatsuo Dougakiuchi, Kazuue Fujita, Toru Hirohata, Akio Ito,

Masahiro Hitaka, and Tadataka Edamura

E-mail: tatsuo.dougakiuchi@crl.hpk.co.jp

はじめに

量子カスケード検出器(Quantum cascade detector; QCD) [1]はサブバンド間遷移を利用した光検出器であり, 量子カスケードレーザ(Quantum cascade laser; QCL)の発光波長と同様に設計によって感度波長を選ぶことができる. これまでに様々な材料系を用いた QCD が提案され, 近赤外からテラヘルツ領域にわたる波長範囲で光検出が報告されている. QCD は光起電型の検出器であり, 光励起された電子が伝導帯中に形成された非対称なバンドポテンシャルによって決められた方向に輸送されることで光電流を生成する. 従って駆動において一切の外部電圧を必要とせず, 暗電流が極めて小さいという特徴を有している. さらに応答速度は原理的にサブバンド間における電子の散乱時間によってのみ決まるため, 超高速動作も期待できる. 我々は $5\ \mu\text{m}$ 帯 QCD において活性層構造の最適化と劈開面からの光入射を行い, 室温にて感度 $\sim 130\ \text{mA/W}$, 比検出能(D^*) $\sim 1.1 \times 10^8\ \text{cmW}^{-1}\text{Hz}^{1/2}$ を達成した.

素子作製と評価結果

Fig.1 に結合量子井戸構造[2]のバンド図(1 周期分)を示す. 材料系には InGaAs/InAlAs を用い, 有機金属気相成長法によって結晶成長を行った. Fig.1 中の色付けされた井戸にのみ $4 \times 10^{17}\ \text{cm}^{-3}$ のドーピングを施してある. また, 周期数は 70 とした. 準位 1a から 8a へ光励起された電子は 7a へと輸送され, 6a ~ 2a を介して 1b へと運ばれることで光電流を生じる. 色付けされた井戸は隣接する薄い井戸と結合しており, 7a と 1a の波動関数を空間的に分離することで 7a から 1a への電子の再緩和の抑制を図った. また準位 7a ~ 2a 間では縦光学フォノン散乱による高速な電子輸送が行われるように各エネルギー間隔を設定した.

素子は幅 $50\ \mu\text{m}$ のストライプ状のメサ構造とし, $500\ \mu\text{m}$ の長さの劈開した. 活性層への光入射は劈開面から行い, 長さ $500\ \mu\text{m}$ の素子内

部を伝搬させることで高効率な光吸収が可能となる. Fig.2 に室温での感度スペクトルを示す. 黒体炉を用いた絶対感度測定により, 波長 $5.4\ \mu\text{m}$ での感度 $\sim 130\ \text{mA/W}$ (室温) が得られた. また同時に詳細なノイズ評価結果から $D^* \sim 1.1 \times 10^8\ \text{cmW}^{-1}\text{Hz}^{1/2}$ が得られた.

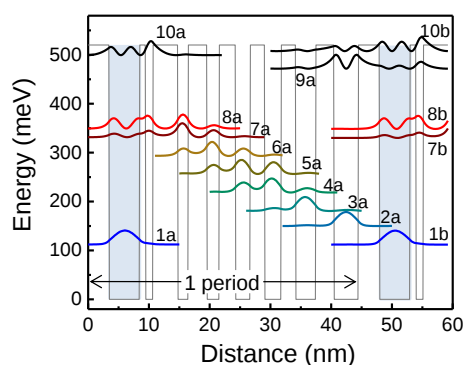


Fig.1. Band diagram

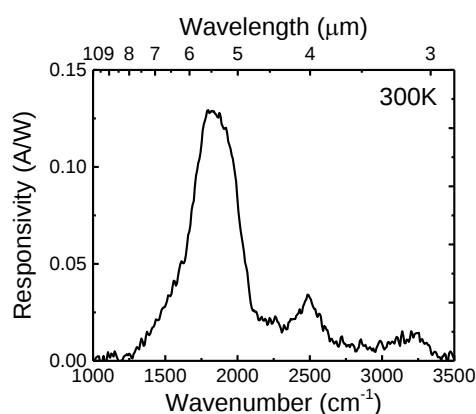


Fig.2. Photoresponse spectrum at 300K

参考文献

- [1] F. R. Georgetta et al., IEEE J. Quantum Electron. **45**, 1039 (2009).
- [2] T. Dougakiuchi et al., Appl. Phys. Lett, **109**, 261107 (2016).