

量子カスケード検出器における極限的応答時間 (~ 1 ps) の実証

Verification of the ultimate response time (~ 1 ps) in quantum cascade detectors

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

Hamamatsu Photonics K.K. Central Research Laboratory

$\circ$ Tatsuo Dougakiuchi, Akio Ito, Masahiro, Hitaka, Kazuue Fujita, and Tadataka Edamura

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

量子カスケード検出器 (Quantum cascade detector: QCD) は電子のサブバンド間遷移を利用した赤外光検出器であり, 感度波長が材料に依存せず設計可能であることや光起電型の検出器としての低ノイズ動作などの特徴を有している. また QCD は高速なサブバンド間遷移に基づく高速な光応答が可能であることが知られている.[1] そこで赤外領域における超高速な光検出器の実現を目指し, 素子容量の削減によって QCD の応答時間の限界を評価した.

Fig.1 に応答時間の評価に用いた QCD ($\lambda_{\text{peak}} \sim 4.6 \mu\text{m}$) のバンド図を示す.[2] 光吸収によって準位 1 から準位 7 へと励起された電子は階段状に配置されたサブバンド準位間での様々な散乱過程を介して一方向に輸送され, 電流として取り出される. このような電子輸送で決まる本質的な応答時間の評価においては素子容量を削減し RC 時定数による応答時間への寄与を可能な限り除く必要がある. そのため厚い活性層による電極間距離の拡大と素子面積 (電極面積) の縮小を行った. 実験では Fig.1 の構造を 90 周期繰り返し成長したウエハを $25 \times 100 \mu\text{m}^2$ の大きさのメサに加工し, 素子容量を 0.19 pF まで低減させた. Fig.2 に周波数応答の評価結果を示す. 黒点はヘテロダインビートで生成した高周波信号の測定結果であり, カットオフ周波数 (信号強度が 3 dB 低下する周波数) は 23 GHz となった. Fig.2 の実線は同図中に示した理論式において QCD の電子の走行時間 τ をそれぞれ 1 ps , 5 ps , 10 ps と仮定した場合の計算結果であり, $\tau = 1 \text{ ps}$ とした場合に実験結果と良く一致していることから QCD における究極的な応答時間が 1 ps 程度であることが示された.

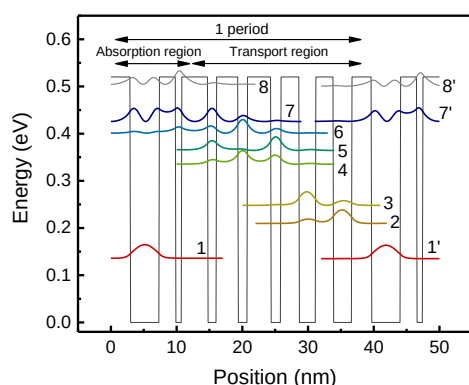


Fig.1. Energy band diagram of the QCD

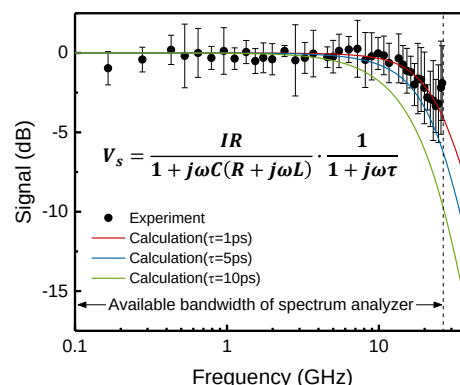


Fig. 2. Frequency response

[1] D. Hofstetter et al., Appl. Phys. Lett, **89**, 061119 (2006).

[2] T. Dougakiuchi et al., Appl. Phys. Lett, **118**, 041101 (2021).