

量子ドット構造を用いた三角障壁フォトダイオードの光検出特性

Characteristics of a triangular barrier photodiode with quantum dot structures

豊田工業大学, °中村 翔, 大森 雅登, P.Vitushinskiy, 榊 裕之

Toyota Technological Institute, ° S. Nakamura, M. Ohmori, P.Vitushinskiy, H. Sakaki

E-mail: sd12435@toyota-ti.ac.jp

光検出器は光通信・医療・環境計測などの分野で更なる高性能化が求められている。そこで我々は光増幅効果のある三角障壁フォトダイオード(TBP)^[1]に注目し、これに量子ドットを導入した高性能光検出器の研究を進めている。TBP は npn バイポーラトランジスタの p 型ベース層を δ ドープすることで三角ポテンシャル障壁を持った構造で、光吸収により生じた正孔が三角障壁頂点の薄い領域に蓄積することで障壁低下効果が高まり、高い光電流増倍率が得られる素子である。今回我々は InAs 量子ドットを近接積層することで形成される直径 20nm, 長さ 45nm 程度のロッド状のナノ構造を TBP に導入することで、高感度かつ低暗電流な特性が得られたので報告する。

試料は MBE 法を用いて GaAs(100)基板上に作製した。図 1 に示すように、InAs 量子ドットを 1.7ML 程度成長した後に $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}6\text{ML}/\text{GaAs}2\text{ML}/\text{InAs}1.1\text{ML}$ の超格子を 20 周期成長することで積層量子ドット構造(Qrod)を形成した。量子ドットは高さ方向に結合し、ナノ細線状の構造となる。この層を n 型 GaAs 層で挟み、ドット積層途中に p 型の δ ドープを行うことで三角ポテンシャル障壁を形成した。試料は $10\mu\text{m}$ 角のメサに加工し、ダイオード素子を作製した。

図 2 に感度の光強度依存性を示す。試料温度 70K で暗電流が $10\text{pA}(10\mu\text{A}/\text{cm}^2)$ となるバイアス電圧 0.25V の時、感度が $10^5\text{A}/\text{W}$ と良好な特性が得られた。暗電流が同程度となるバイアス条件下で Qrod を含まない試料と比較すると、感度は 10 倍以上高くなっている。これは Qrod の In 組成が高く周辺の超格子部分よりバンドギャップが狭くなっているため、光吸収により生じた正孔は Qrod の三角障壁の頂点に集積し、障壁を局所的に大きく低下させるためと考えられる。本研究をさらに発展させることで、画像センサーや赤外光検出器の高感度化が期待できる。

[1] L.F.Eastman et al. IEEE Trans. Electron Devices. Vol.ED-29 No.9 (1982)

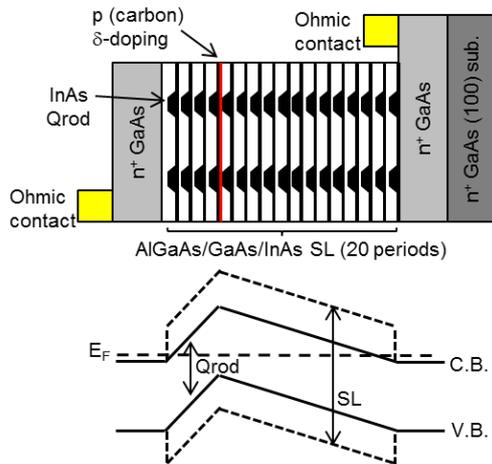


図 1. 試料構造とバンド図

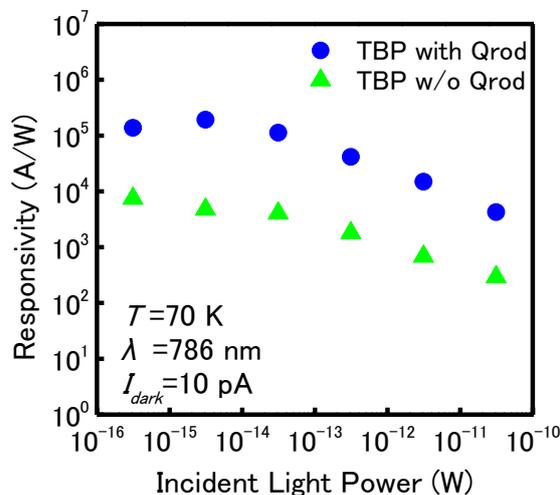


図 2. 感度の照射光強度依存性