

利用課題番号 : F-13-NM-0055
利用形態 : 技術補助
利用課題名 (日本語) : InAs 量子ドット及び量子リングを用いたデバイスの作製
Program Title (English) : Development of electronic devices with InAs quantum dots and rings
利用者名 (日本語) : 高柳 英明¹⁾, 伊藤 宙陸²⁾
Username (English) : Hideaki Takayanagi¹⁾, Hironori Ito²⁾
所属名 (日本語) : 1) 東京理科大学 理学部第一部応用物理学科, 2) 物質・材料研究機構
Affiliation (English) : 1) Tokyo University of Science, 2) National Institute for Material Science

1. 概要 (Summary) :

量子コンピュータ同士の光通信を目的とした量子インターフェースの開発に向けて、自己形成 InAs 量子ドットを介した超伝導接合デバイスを作製し光照射効果を調査した。光照射時の伝導測定を行ったところ電圧がステップ状に変化する現象が見られた。これは発光測定において観測されている点滅現象[1]に起因するもので、点滅しているドットに直接配線しドットにかかる電場の変化を捉えた初めての測定である。

2. 実験 (Experimental) :

【利用した主な装置】

- ・電子ビーム描画装置 ・超高真空蒸着装置
- ・原子間力顕微鏡 ・走査型電子顕微鏡

【実験方法】

液滴エピタキシー法によって自己形成された直径約 100 nm の InAs 量子ドットの正確な位置を原子間力顕微鏡により特定した。電子ビーム描画装置などを用い、特定したドットに対し伝導測定用 Al 電極、Au ゲート電極を配線し試料を作製した。

伝導測定は 40 mK の温度で 4 端子法により行い、光は光ファイバー端面を試料直上 3mm の位置に配置し試料全体を照射した。

3. 結果と考察 (Results and Discussion) :

40 mK の温度にて 10 nA の電流を流し 100 秒間電圧を測定した結果を図 1 に示す。光の波長は 1550 nm で、光照射強度は 60 nW, 8000 nW, 照射なしの 3 通りの結果を示した。

光照射なしの場合、電圧はおおよそ一定値を示した。60 nW の光を照射すると電圧は 0.3 mV 程度スイッチする事があり、その後一定値を示すがランダムな間隔でまたスイッチするという現象が見られた。8000 nW

まで光照射強度を増加させると電圧のスイッチはさらに頻繁に起こることが確認された。この現象に類似したものとして自己形成 InP 量子ドットにおける点滅現象があげられる[1]。これはドット近傍に存在する欠陥準位において光照射により電子がトラップされ、ドットにかかる電圧が変化することにより発光が点滅する現象である。今回の測定結果はこの点滅しているドットに直接配線し、ドットにかかる電場の変化を伝導度の変化として捉えた初めての測定である。

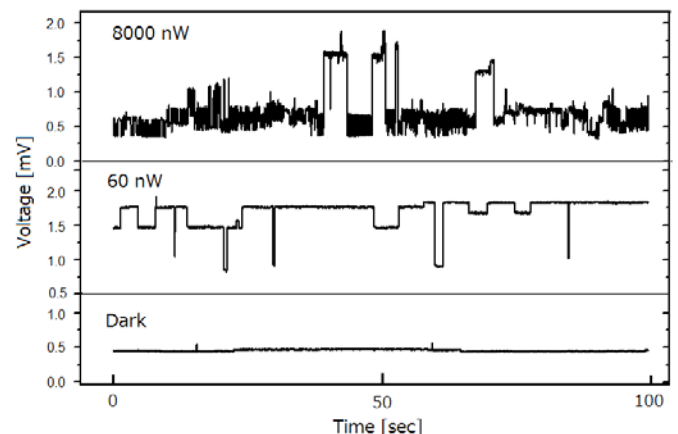


図 1 Al-Dot-Al 接合における電圧の時間変化

4. その他・特記事項 (Others) :

参考文献[1] M. Sugisaki et al., Phys. Rev. Lett. **86**, 4883 (2001).

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

(1) H. Ito, H. Takayanagi et al., "Transport properties of self-assembled quantum nanostructures in superconducting circuits." FIRST 超伝導量子コンピュータミーティング, 平成 25 年 10 月 8 日

(2) 伊藤 宙陸 "超伝導・半導体ハイブリット素子による量子情報インターフェースの開発" FIRST プロジェクト全体会議 2013, 平成 25 年 12 月 10 日

6. 関連特許 (Patent) : なし