

＊課題番号 : F-12-NM-0018
 ＊支援課題名 (日本語) : 描画・蒸着・エッチング技術を用いて作製した MIS 型 Schottky フォトダイオードによる自己形成 InAs 量子ドットへの電界効果の研究
 ＊Program Title (in English) : The study of field-effect on self-assembled InAs quantum dots in MIS-type Schottky photo-diode developed with lithography, evaporation, and etching-techniques.
 ＊利用者名 (日本語) : 佐久間 大輔
 ＊Username (in English) : Daisuke Sakuma
 ＊所属名 (日本語) : 東京理科大学
 ＊Affiliation (in English) : Tokyo University of Science

＊概要 (Summary) :

超伝導量子干渉計(SQUID)は高感度な磁気センサーとしてよく用いられており、原理的には電子スピン1個を検出できると言われている[1]。その一つのdc-SQUIDを用いて、自己形成 InAs 量子ドット(InAs-SAQD)中に円偏光で励起した電子スピンを検出することを試みている。

スピン検出のためにはスピンの高い偏極率と長い緩和時間が必要である。それらの制御のために MIS 型 Schottky フォトダイオードのデバイスを用いて、ゲート電場を印加することで光励起された電子-正孔対の内正孔を引き抜き、キャリアの放射再結合を抑制することでまずキャリア寿命を延ばすという手法[2]で制御する事を目指している。

この時に量子ドットに与えられる電界効果を知るために PL 特性と電気容量のゲート電圧依存性を計測した。その結果、ドットへの電界効果が小さいことが分かり、原因はドットへのドーパントの拡散にあると考えている。

＊実験 (Experimental) :

【利用した主な装置名】

- ・レーザー露光装置
- ・12連電子銃型蒸着装置
- ・原子層堆積装置
- ・化合物ドライエッチング装置
- ・急速赤外線アニール炉
- ・走査型電子顕微鏡

【作製した試料について】

InAs-SAQD 中に光励起されたキャリアへの電界効

果を調べるために図1のような MIS 型 Schottky フォトダイオードを作製した。Ohmic 電極作製にはドーブ層までドライエッチングした後電極を製膜しアニール処理を行った。ALDにより製膜された絶縁膜 50nm の一部分を Schottky 電極形成用にウェットエッチングを TMAH2.38%により 12 分間行ってから電極を形成した。

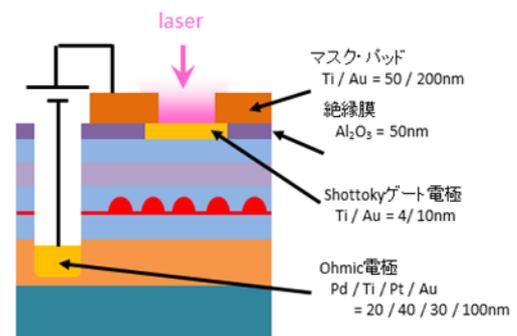


図 1 : MIS 型 Schottky フォトダイオードの概要図

【実験】

1. フォトルミネッセンス(PL)特性のゲート依存性

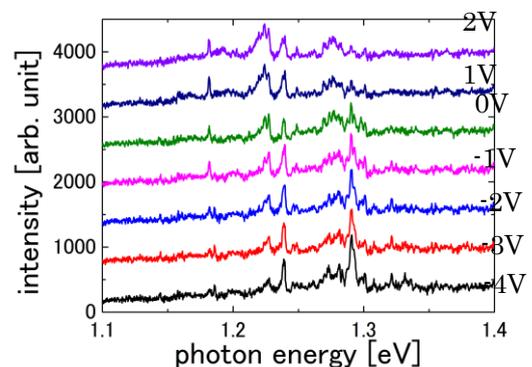


図 2 : PL のゲート電圧依存性

波長 735nm で 7um 四方の窓中を励起して計測した PL

特性を図 2 に示す。かけた電圧に対してわずかにピーク位置および高さの変化が有ることが分かる。

2. 電気容量のゲート電圧依存性

図 3 に電気容量の計測結果を示す。1.25nF は基板全体の電気容量の値に近い。ドットに電界が正しくかかっているならば、ドットへの帯電効果が電気容量の変化として見えることを期待していたが見られなかった。

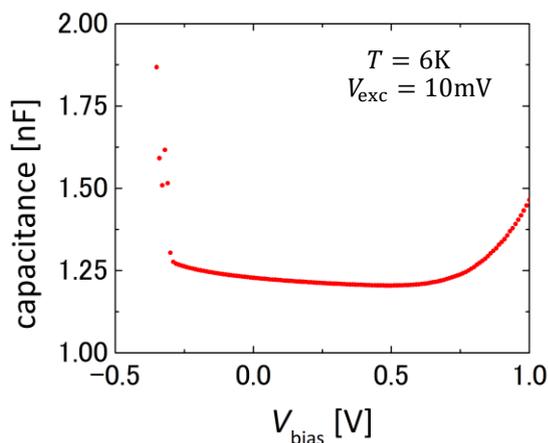


図 3 : 電気容量のゲート電圧依存性

※結果と考察 (Results and Discussion) :

PL 特性と電気容量の計測から分かるのは、期待していたよりも電界効果が小さいという事である。

その原因として、ドーパ層のドーパントの拡散を考えている。ドットの周囲がキャリアで埋め尽くされて静電遮蔽が起きているためであると考えている。

※その他・特記事項 (Others) :

【今後の課題】

ドーパントの拡散しないように基板構造を検討する。

【参考文献】

[1] J.Gallop, *Supercond. Sci. Technol* **16**, 1575 (2003)

[2] M.Kroutvar, *et.al*, *Nature* **432**, 81 (2004)

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

佐久間大輔, 石黒亮輔, 柴田祐輔, 野村晋太郎, 渡辺英一郎, 大里啓孝, 津谷大樹, 柴田憲治, 平川一彦, 高柳英明, “dc-SQUID による自己形成 InAs 量子ドット中の光励起電子スピン検出に向けた研究”, 第 73 回応用物理学会学術講演会, 2012 年 9 月 11 日, 愛媛大学