

Study on Single-Photon Detection by Silicon-On-Insulator Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect

メタデータ	言語: en
	出版者: Shizuoka University
	公開日: 2015-06-26
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: Septono, Catur Putranto Dedy
	メールアドレス:
URL	所属:
	https://doi.org/10.14945/00008778

(課程博士・様式9)

審 査 要 旨

専攻 ナノビジョン工学 学籍番号 55145029 学生氏名 Dedy Septono Catur Putranto

論文題目 Study on Single-Photon Detection by Silicon-On-Insulator Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor (シリコン・オン・インシュレーター金属酸化膜半導体電界効果トランジスタによる単一光子検出の研究)

本論文は、シリコン・オン・インシュレーター (SOI) 金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) を単一光子検出器として利用した場合の、動作条件最適化、性能予測、フィン型電界効果トランジスタ (FinFET) を用いた性能向上の試み等に関する研究成果を取りまとめたものであり、全5章からなる。

第1章は本論文の緒言であり、単一光子検出器に関わる研究動向と応用分野について述べた後、本研究の目的や意義について説明している。

第2章は SOI MOSFET 単一光子検出器の動作条件最適化について論じており、基板電圧制御の重要性が指摘されている。すなわち、ドレイン電流雑音は基板電圧の絶対値の増加に伴って増大し、雑音スペクトルは単一の f^{-2} 直線に漸近する特異な振る舞いを示す。一方、光励起され SOI 中に蓄積されるホールの寿命は基板電圧の増大に伴って長くなる。これより、ホールの蓄積を検知するための電子チャネルが誘起される範囲で小さな基板電圧が、高速動作の観点で好ましいことが判った。

第3章は現状でダークカウントレート (DCR) は極めて小さいものの最大カウントレート (MCR) が 300 s^{-1} 程度に限られていることに鑑み、達成可能な性能と必要な条件をシミュレーションに基づいて検討している。まず、光励起によるホール発生と再結合をポアソン過程とみなして蓄積されたホール数の時系列を乱数に基づいて発生させ、雑音を加えてドレイン電流出力をシミュレートした。この出力信号からホール発生と再結合を検知する信号処理アルゴリズムを定義し、様々な雑音レベルやホール発生レートに対してシミュレーションを行って DCR と MCR を予測した。その結果、FET 電子チャネルの電荷検出感度を報告されている最高値 $10^{-5} \text{ e}/\sqrt{\text{Hz}}$ まで改善できれば、既存の単一光子検出器のダイナミックレンジを3桁上回る DCR 0.01 s^{-1} 、MCR 7.6 Ms^{-1} が達成できることが判った。

第4章は FET の電荷検出感度を向上させ更に高い性能を得ることを目指して FinFET の評価を行っている。電荷検出感度はチャネル長に逆比例すると考えられ、FinFET は短チャネル効果を抑えて短いチャネル長を可能とするため高い電荷検出感度が期待できる。照射光強度の増大に伴ってドレイン電流ヒストグラムが高電流側に広がり蓄積されたホール数に対応するピークが見られるなど FinFET の光応答は確認できたものの、電荷検出感度の向上については課題を残した。

第5章では本論文の結果をまとめ、今後の研究の方向性について論じている。

以上のように本論文は、SOI MOSFET 単一光子検出器の動作を様々な角度から詳細に検討しており、単一電荷の検出にもとづく光子検出器の今後の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位を授与するに十分な内容を有するものと認める。

