

平成 29年 11月 30日

豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学 専攻
学位審査委員会
委員長 大平 孝

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、学位審査会を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	Choi Yong Joon		学籍番号	第 149201号
申請学位	博士(工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学 専攻	
博士学位論文名	フィルターフリー蛍光検出センサの性能向上と応用 (Performance improvement of a filter-free fluorescence sensor and its applications)			
論文審査の期間	平成 29年 10月12日 ~ 平成29年 11月 28日			
公開審査会の日	平成29年11月14日	最終試験の実施日	平成29年11月14日	
論文審査の結果※	合格		最終試験の結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	若原 昭浩			
委員	岡田 浩		澤田和明	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

本論文は、光学フィルタを必要としない蛍光検出センサの性能向上をはかり、そのセンサを生化学分野に応用することを試みた結果をまとめたものである。これまでフィルターフリー蛍光検出センサについて研究が行われてきたが、蛍光フィルタを用いず励起光と蛍光を分離する性能（波長分離能力）が数百対1程度であり、実際に生化学分野に応用することは難しかった。本論文では、波長分離能力が低下する原因を検討し、光が入射する多結晶シリコン薄膜のナノレベルの凹凸に起因することを実験的に明らかにし、定量的な検討を行った。実際に表面粗さの実効値を16.3nmから1.6nmに低減させることで、波長分離能力を従来比1.5倍となる1250対1まで向上させることに成功した。次に生化学分野で実際に用いられる蛍光検出試薬を用いて、数10nMまで検出できることを示した。この結果を受けて、細胞を蛍光染色し細胞の定量評価を試みたところ、従来のフィルタ付き蛍光顕微鏡を用いた計数結果と比較したときの誤差は4%以下と高い精度であることを実証した。

本論文は全6章から構成され、第1章では、関連分野の研究動向と当該研究の目標と位置づけを示し、第2章では、光学フィルタを用いず、蛍光を選択的に検出できるフィルターフリー蛍光検出センサの原理について述べている。第3章では、波長分離能力を向上させるための手法について提案し、実験的に性能が向上することを明らかにしている。第4章では、第3章で製作したセンサを活用し、2種類以上の蛍光試薬を同時に検出することを試み、実際に成功している。第5章では、前章までの検討結果を踏まえて、細胞を蛍光染色し細胞の定量評価を試み、従来の蛍光顕微鏡と同程度の高い精度で細胞数を同定できたこと述べている。第6章は、論文全体を総括するとともに、今後の展望を述べている。

審査結果の要旨

蛍光検出は高感度で高い選択性を持っているため、化学、生化学、医療分野など広い分野で使用されている。しかしながら、蛍光観測は光学顕微鏡に蛍光フィルタ等を取り付ける必要があるため大規模、高価なものになる。一方、社会的にその場で観察できるよう小型の蛍光検出装置の実現が求められている。本論文は以上の社会的な要求に鑑み進められたものである。

これまでシリコン半導体内での光吸収特性に着目し、入射した特定の波長の強度を算術的に求めることが可能なフィルターフリー蛍光検出センサが提案され、実現されてきた。しかしながら、入射光量が大きな励起光成分と、蛍光物質から放射される微弱な蛍光成分を分離して検出するために求められる励起光と蛍光を分離する性能（波長分離能力）が不足していた。そこで波長分離能力の向上をはかることと、このセンサを実際に生化学分野に応用することを本研究の目的としている。

本論文では、波長分離能力低下の原因が、光の侵入経路である多結晶シリコン薄膜の凹凸による前方散乱が原因であることを理論的・実験的に明らかにし、波長分離能力向上に向けたデバイス作製プロセスの評価指標として表面荒さを用いることを提案している。この指標に基づき多結晶シリコンの凹凸を低減する手法を検討し、凹凸の度合いを示す表面粗さの実効値を10分の1に低減させることで、波長分離能力を向上させることに成功している。さらに、改良したフィルターフリー蛍光検出センサを用いて、生化学分野で広く用いられている蛍光試薬を数10nMまで検出できたことを示している。また複数の種類の波長を分離して検出することが可能であることを示すために、2種類の蛍光試薬を混合した溶液を用いて2つの蛍光成分と励起光成分を独立して検出することに成功している。次に細胞を蛍光染色し細胞の定量評価を試みたところ、従来の蛍光顕微鏡と比べ誤差4%以下の精度で細胞数を同定できることを実際に示すことができている。光学的なフィルタを用いず、複数種類の蛍光物質をサブマイクロモラまで同定できたことや、蛍光染色した細胞の数を定量評価できることを明らかにした点は、今後の小型蛍光検出装置の実現に大きな影響を与えるものであり、学術的、工学的に高く評価できる。

以上により、本論文は博士（工学）の学位論文に相当するものと判定した。

(各要旨は1ページ以上可)