ポリシリコンフォトゲートの表面平坦化によるフィルタフリー蛍光センサの高性能化

Filter-free fluorescence sensor with high performance by the surface planarization of polysilicon photogate

○ 崔 容俊，高橋 一浩，松田 倫明，飛沢 健，森脇 優，太斎 文博，木村 安行，
秋田 一平，岩田 達哉，石田 誠，澤田 和明（ 豊橋技科大 ）

○ Y. J. Choi , K. Takahashi, M. Matsuda, T. Hizawa, Y. Moriwaki, F. Dasai, Y. Kimura,
I. Akita, T. Iwata, M. Ishida and K. Sawada (Toyohashi Univ. of Tech.)

E-mail: choi@int.ee.tut.ac.jp

1. はじめに

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、医療分野などに広い分野で使用されている。しかし、蛍光観測は蛍光顕微鏡に光学フィルタなどが必要であり、大規模な装置になる。そこで、本研究室では、光学フィルタを必要としないフォトゲート構造を持つ小型の蛍光センサを提案してきた[1]。そして、提案する蛍光センサは励起光:蛍光の強度比が800:1まで計測可能であることを報告した[2]。しかし、蛍光検出には励起光:蛍光の強度比が数千:1以上必要である。そこで、本研究では波長分離能力を向上させるため、フォトゲートの材料であるポリシリコンの表面を平坦化し、ポリシリコンを通過した光の前方散乱を抑制して波長分離能力の向上させたフィルタフリー蛍光センサを開発し、波長分離能力の評価を行った。

2. センサの動作原理とポリシリコン平坦化の提案

フィルタフリー蛍光センサは、光の波長に応じたシリコンの吸収係数を利用し、蛍光の検出を行う。フィルタフリー蛍光センサはフォトゲートの材料としてポリシリコンを使用している。本センサは、励起光と蛍光の検出をポリシリコンゲート電極の電位の深さを制御することによりフィルタフリーで蛍光を検出することができる特徴を有している。励起光と蛍光の光強度算出には、各波長の出力電流成分を連立方程式で計算することにより算出することが可能である。励起光と蛍光はフォトゲートを通過してシリコン基板に光が吸収される。しかし、ポリシリコンの表面が平坦でない場合、フォトゲートに照射される光がシリコン内部で前方散乱が発生する。したがって、所定の深さまで入射される光量が減少し、波長分離能力の減少していることが予想される。そこで、ポリシリコンの表面を平坦化することで波長分離能力が向上すると考えた。そこで、本研究では、LPCVDの成膜温度を変更しフォトゲートの材料であるポリシリコンの表面の平坦化を行った。

3. 測定及び結果

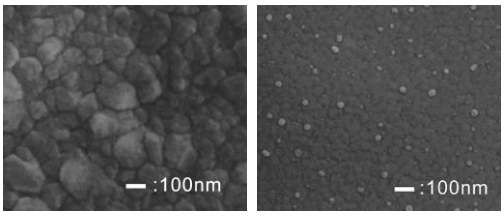
図1に成膜されたポリシリコンの表面のSEM写真を示す。図1から成膜温度を660℃から550℃と低温で成膜することでポリシリコンの粒子径が小さくなっていることが確認できる。また、ポリシリコンの表面粗さはAFMを使用し測定した。ポリシリコンの表面の粗さの実効値(RMS)は、従来の成膜温度である660℃では16.3 nm、今回製膜した温度である550℃では1.6 nmと成膜温度を変更することでポリシリコンの表面粗さが10分の1程度に改善することができた。製作したフィルタフリー蛍光センサの蛍光検出は、センサに入射される励起光(470 nm)と蛍光(530 nm)の最大強度を5000 nWに設定し、蛍光の強度のみ1 nWまで減少させ、その時の、出力電流を測定した。 図2に測定した励起光と蛍光の波長分離能力を示す。表面粗さが1.6 nmの場合、励起光と蛍光の波長分離能力が1200:1であり、従来の性能と比較して1.5倍の向上を確認した。この結果から、ポリシリコンの表面粗さを抑制することによって、シリコン内部での前方散乱を減少させることができ、波長分離能力が向上したと考えられる。

謝辞

本研究は、JSPS科研費24226010とJST、CRESTの支援を受けたものである。

参考文献

[1] Y. Maruyama, K. Sawada, H. Takao, and M. Ishida, IEEE Trans. Electron Devices, 53 (3), p.553 (2006).
[2] Y. Moriwaki, K. Takahashi, I. Akita, M. Ishida, and K. Sawada, Jpn. J. Appl. Phys 54, 04DL03 (2015).



(a) (b)

図1 ポリシリコンの表面の実効値 (a)16.3nm (b)1.6nm

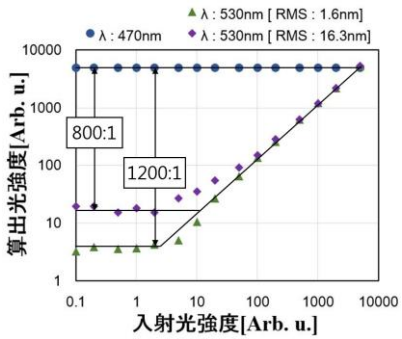


図2 表面粗さによる波長分離測定結果

© 2016年 応用物理学会