

C-12

Sn-SiO₂ 面内配置構造の PL 特性

Photo Luminescence properties of patterned Sn-SiO₂ structure

○滝島正博¹, 秋山和也¹, 大谷捷², 遠山大地², 高橋芳浩³

*Masahiro Takishima¹, Kazuya Akiyama¹, Sho Otani², Daichi Toyama², Yoshihiro Takahashi³

Abstract : Photoluminescence from patterned SiO₂ and Sn structure has been investigated. Light emission of 600nm in center wavelength was observed from the surface of device with heat treatment at 900°C. Emission intensity increased with the film thickness of Sn. Strong light was emitted from SiO₂ film close to SiO₂/Sn interface on the sample with thick Sn and SiO₂ layers.

1. 研究背景

現在用いられている主な発光素子には GaAs(ガリウムヒ素)や InP(インジウム燐)等といった化合物半導体が使われている。これらの発光素子は高い発光効率を持つ反面、希少金属や有害物質を用いている、プロセス技術困難である等といった欠点が挙げられる。そこで本研究では安価で豊富かつ無害な材料である Si を用いた発光素子の実現を目指している。一般的な電子デバイスに使用される Si を発光素子として利用できれば、発光素子と電子機能素子を融合した光電子集積回路が実現し、電子デバイスの更なる集積化、高速化が期待できる。

我々はこれまでに SiO₂/Sn/SiO₂ 積層構造に熱処理を加えることで Sn を酸化シリコン中に拡散させることにより、波長 400nm の強い PL(PhotoLuminescence)特性を得た[1]。しかしこの構造では素子表面に凝集した Sn により発光強度に面内バラつきが生じるという欠点があった。また素子表面に Sn 層があることにより、Sn が SiO₂ 中にどのように拡散しているのかが分からなかった。そこで本研究では、Si 基板上に SiO₂ と Sn を面内配置し、横方向に Sn を拡散させる構造で発光特性の評価を行った。

2. 実験方法

図 1 に素子作成手順及び評価方法を示す。基板には n 形 Si(2.5~3.5[Ω・cm], 面方位<100>)を使用した。RCA 洗浄後に Wet 酸化法により SiO₂ 膜を成膜し、SiO₂ 膜のパターニングを行った。その後、抵抗加熱型真空蒸着法によって Sn 膜を成膜し、リフトオフ法によって Sn 膜のパターニングを行った。なお各膜厚は図 2 に示すように変化させた。使用したフォトマスクを図 3 に示す。その後 RTP(Rapid Thermal Processing)装置により大気圧 N₂ 雰囲気中で 900°C 5min(熱処理温度到達時間 40sec)の熱処理を行った。熱処理後 PL 法による発光スペクトルの測定及び金属顕微鏡による発光状態の観察を行った。PL の励起光源には波長 325nm の He-Cd レーザを用い、CCD を検出器とする分光器により発光波長分析を行った。

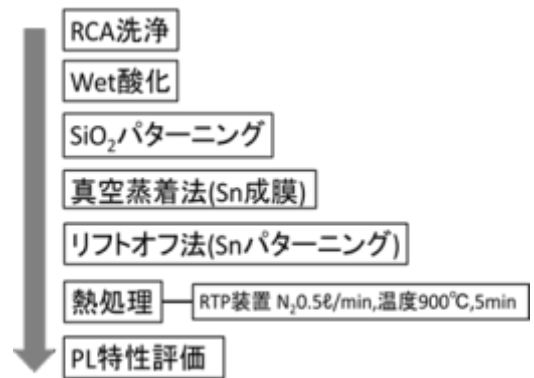


Figure 1. Manufacturing procedure and evaluation method

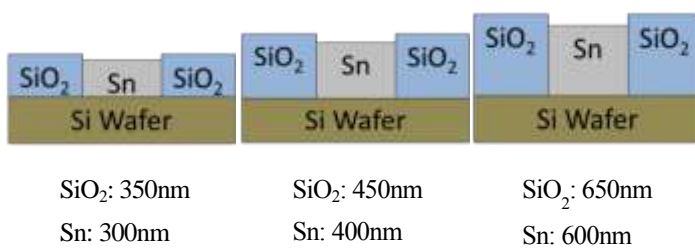


Figure2. Device structure



Square, circular pattern
Diameter or side [μm]:
500 200 100 50 20
Line, space pattern width
[μm]:
400 200 100 50 20 10

Figure3. Photomask pattern

1: 日大理工・院(前)・電子 2: 日大理工・学部・子情 3: 日大理工・教員・子情

3. 測定結果

PL 特性を図 4 に示す。励起レーザを線幅 400 μm の Line パターン上に照射し発光特性を測定した。この結果からどの膜厚条件でも波長 600nm 付近を中心として発光していることがわかる。この波長 600nm 付近をピークとする発光は SnO_x を起源とするものだと考えられている。また膜厚の増加に伴って発光強度の増加が見られた。これは Sn 膜厚の増加に伴った SnO_x 体積の増加によるものだと考えられる。しかし SiO₂/Sn/SiO₂ 積層構造において観測された波長約 400nm をピークとした発光は観測されなかった。

図 5 に Sn 膜厚 300nm, SiO₂ 膜厚 350nm とした時の金属顕微鏡による熱処理後の表面状態と発光状態の観察結果を示す。Line 内側が Sn 部で外側が SiO₂ 部である。表面状態を見ると Sn 部で Sn の小さい凝集ができていていることがわかる。発光状態を見るとその Sn が凝集している箇所が発光していることがわかる。この発光は熱処理雰囲気によって酸化した Sn に起因するものであると考えられる。ただし SiO₂ 上での発光は見られなかった。

図 6 に Sn 膜厚 600nm, SiO₂ 膜厚 650nm とした時の金属顕微鏡による熱処理後の表面状態と発光状態の観察結果を示す。図 5 と同様に Line 内側が Sn 部で外側が SiO₂ 部である。図 5 と異なり Sn 部で大きな凝集が起きていることがわかる。また、SiO₂-Sn 界面付近、数 10 μm の SiO₂ 領域が熱処理により変色していることがわかった。一方、PL 発光の観察結果 (図 6(b)) より、この界面付近において強い発光が起きていることが確認された。これらのことから熱処理によって界面から Sn が SiO₂ 方向に拡散することにより、高発光効率を有する発光領域が形成されたと考えられる。なお、このような状態が観測されたのは各膜厚が最も厚い、Sn 膜厚 600nm, SiO₂ 膜厚 650nm とした試料のみであり、高強度の発光領域の形成には界面の面積増大、ないしは拡散のための多量な Sn 供給が必要であるとされる。

4. まとめ

Sn と SiO₂ を面内配置した構造を熱処理することにより、波長約 600nm を中心とした PL 発光が得られることを確認した。また、発光強度は各膜厚と共に増大した。特に膜厚が厚い試料では、Sn-SiO₂ 界面付近の SiO₂ 領域において強い発光が観測されることがわかった。これは、熱処理による Sn の SiO₂ への拡散によるものと考えられる。ただし、積層構造において観測された約 400nm を中心とした青色発光は観測できなかった。

5. 参考文献

[1] 五十嵐 健太郎：平成 20 年度 日本大学院理工学研究科 修士論文

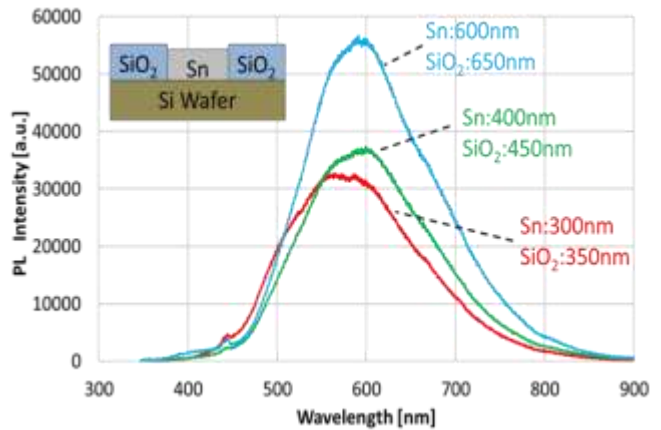


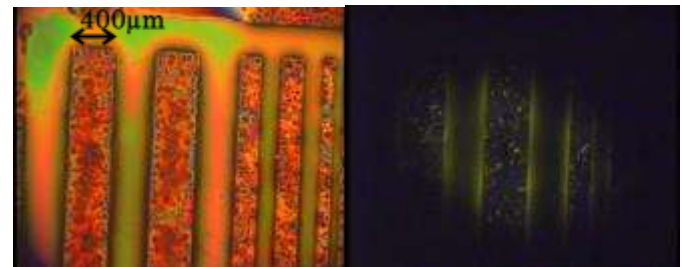
Figure4 PL characteristics



(a)Surface structure(100 倍) (b)Light emission(100 倍)

Figure5

Micrographs of surface structure and of surface with light emission (Sn: 300nm, SiO₂:350nm)



(a)Surface structure(100 倍) (b)Light emission(100 倍)

Figure6

Micrographs of surface structure and of surface with light emission (Sn:600nm, SiO₂:650nm)