

Sn 添加シリコン酸化膜の PL 特性

Photo Luminescence properties of Sn doped SiO₂

○滝島正博¹, 川俣明², 田中慶吾², 高橋芳浩³*Masahiro Takishima¹, Akira Kawamata², Keigo Tanaka², Yoshihiro Takahashi³

Abstract : Photoluminescence from SiO₂ layer in which gas phase Sn was doped by thermal diffusion has been investigated. A partial SiO₂ was discolored by Sn diffusion. Light emission of 600nm in center wavelength was observed from discolored SiO₂ layer.

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、プロセス技術が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。

我々はこれまでに図 1(a)のような Sn・SiO₂ 面内配置構造に熱処理を加えることで、Sn と SiO₂ の界面に高発光効率を有する発光領域を形成することに成功している(図 2)。しかしこの構造では、発光領域が Sn と SiO₂ の界面だけに形成され、素子表面全体には形成されないという欠点がある。素子表面全体を発光させる構造として図 1(b)のような Sn と SiO₂ の積層構造が考えら

れるが、この構造では Sn の凝集が素子表面で起き、発光強度にバラつきが生じるという問題がある。素子表面全体に発光領域を形成するためには Sn の凝集が素子表面に残らない方法で SiO₂ 中に Sn を拡散させる必要がある。そこで本研究では、蒸気状の Sn を SiO₂ 中に拡散させることで発光素子の形成を目指した。

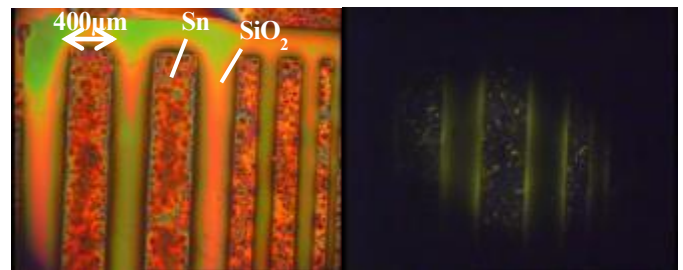
2. 実験方法

実験には n 形 Si(抵抗率 2.5~3.5[Ω·cm], 面方位<100>)の基板を使用した。基板洗浄後に Wet 酸化法により SiO₂ 膜を成膜した素子と、抵抗加熱型真空蒸着法によって Sn 膜を成膜した素子をそれぞれ作製した。その後、図 3 のように SiO₂ を成膜した基板と Sn を成膜した基板を対向させ、その間に Si 基板を挟むことで Sn と SiO₂ の間に 500μm の空間を作り、加熱により Sn を気化させることで SiO₂ への拡散を試みた。熱処理には赤外線加熱炉を用い、大気圧 N₂ 雰囲気中で 900℃ 5min 及び 30min (熱処理温度到達時間 60sec)の熱処理を行った。

熱処理後の素子に対して 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。

(a)Patterned Sn-SiO₂ structure (b)Layered Sn/SiO₂ structure

Figure1 Device structure



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

Figure2

Micrographs of surface structure and of surface with light emission at patterned Sn-SiO₂ structure

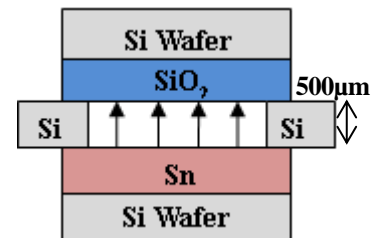


Figure3

Thermal diffusion of Sn into SiO₂ Layer

3. 測定結果

図 4 と図 5 に金属顕微鏡による熱処理前後の SiO_2 の表面状態の観察結果を示す。どちらの熱処理時間でも熱処理後の SiO_2 に黒ずんだ変色が確認できる。なお、 SiO_2 の変色が確認できたのは素子周辺部のみで、素子中央部での変色は確認出来なかった。熱処理後の SiO_2 膜に対してエリプソメーターによる屈折率測定を行ったところ、この変色した部分で屈折率の変化が見られた。このことからこの変色は Sn の拡散によるものと予想できる。また、この変色した SiO_2 領域において PL 発光の観測を確認した。

図 6 に変色部における PL 特性を示す。どちらの熱処理時間でも面内配置構造と同じ、波長 600nm 程度をピークとする発光が観測された。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おり、Sn が SiO_2 中に拡散する事で発光起源が形成されたものと予想できる。発光強度は面内配置構造と比べると低い値となった。今回の実験では熱処理時の Sn と SiO_2 の基板間距離が 500 μm 離れており、面内配置構造と比べると Sn の拡散が少なく、発光準位の密度が低くなってしまったのだと考えられる。また、熱処理時間の増加に伴って発光強度の減少が見られた。

今回、蒸気状の Sn を SiO_2 中に拡散させ、素子表面全体に発光領域を形成することを目的として実験を行った。金属顕微鏡による観察結果と PL 特性の測定結果から、面内配置構造で確認した発光領域と同様のものが SiO_2 上に形成されていると予想できる。しかし、 SiO_2 が変色し、発光領域の形成が確認できたのは素子周辺部のみであり、素子中央部では SiO_2 の変色及び発光は確認できなかった。これは熱処理時に素子表面内で温度のバラつきが起き、それによって Sn の拡散にムラが起きたためと考えている。

今回は Sn と SiO_2 の距離を 500 μm として実験を行ったが、この距離を狭めることで Sn 拡散密度が増加すると思われる。基板間距離を狭めて熱処理を行うことで更なる高発光効率化、広範囲化について検討を行う。

4. まとめ

蒸気状の Sn を SiO_2 中に拡散させることで SiO_2 の変色を確認した。また、変色した SiO_2 から波長 600nm 程度をピークとする PL 発光が得られることを確認した。これは、Sn の SiO_2 への拡散によるものと考えられる。ただし、素子表面全体での SiO_2 の変色は確認できず、 SiO_2 が変色したのは基板周辺部のみで、中央部分では SiO_2 に変化は見られず発光を確認することは出来なかった。

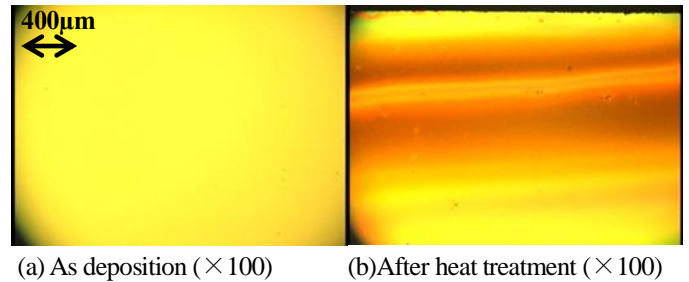


Figure4
Micrographs of SiO_2 as deposition and of after heat treatment.
(treatment time : 5min)

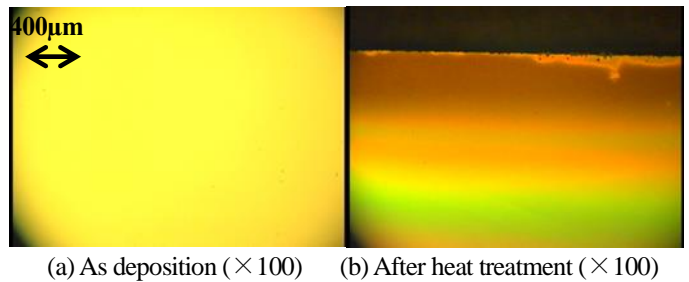


Figure5
Micrographs of SiO_2 as deposition and of after heat treatment.
(treatment time : 30min)

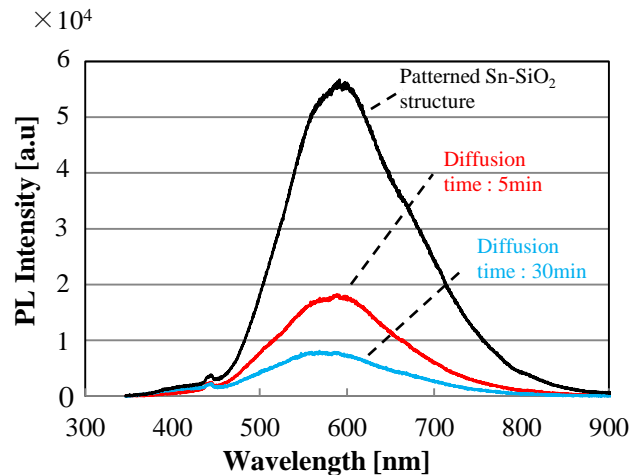


Figure6 PL characteristics