

Sn 添加シリコン酸化膜の発光特性

Luminescence characteristic of Sn doped SiO

○秋山陽一¹ 秋山和也² 高橋芳浩³*Youichi Akiyama¹, Kazuya Akiyama², Yoshihiro Takahashi³

Abstract: We investigated photoluminescence from Sn/SiO₂ stacked structure. The blue light emission was mainly after annealing above 800°C, and the emission strength was changed by the film thickness. It was also found that the emission strength could not be changed by increasing the number of stacked layers.

1. 序論

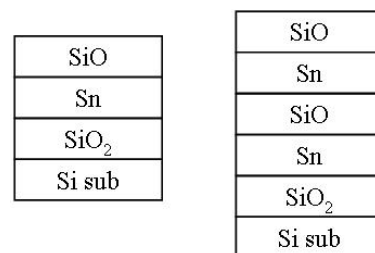
現在のLED(Light Emitting Diode)などの発光素子は、GaAsやGaNなどの化合物半導体が主流である。しかし、これらの化合物半導体はSiに比べて基板の欠陥が多く、大口径化が難しい。また、プロセス設計技術が難しく高価な材料を用いるため、高集積化が困難である。そこで資源が豊富であり、電子デバイスに用いられるSiを発光素子として利用することができれば、発光素子と電子機能素子を融合した光電子集積回路が実現し、電子デバイスの更なる高速化、集積化が期待できる。

我々はこれまでに SiO/Sn/SiO₂ 構造を用いて、熱処理により酸化シリコン膜中に Sn を拡散させることで強い PL(Photoluminescence)発光が観測できることを報告した[1]。しかし、酸化膜に比べ厚い Sn を熱拡散することで、表面に凹凸が発生したり Sn が大きいサイズで凝集することにより、素子面内で発光強度にばらつきが起こる。また、熱拡散により絶縁性を示す SnO が生成されてしまうため高抵抗の厚い膜が生成され、電界を印加しても大量のキャリアは供給し難く、強い EL(Electroluminescence)発光は観測できないと考えた。本研究では、強い発光強度を示す膜厚条件において、各層の膜厚比を維持したまま総膜厚を薄くした場合の発光について評価した。また、発光中心を増大させることを目的として Sn・SiO を複数積層した構造による発光についても検討を行った。

2. 実験方法

素子作製手順を示す。基板には n 形 Si(2.5~3.5 Ωcm, 面方位<100>)を使用した。RCA 洗浄後、第 1 層目として熱酸化法により SiO₂ 膜を成膜した。成膜には酸化温度:1000 °C O₂:0.5 l/min の Dry 酸化法を用いた。次に抵抗加熱型真空蒸着法を用いて、第 2 層目として Sn 膜を、第 3 層目として SiO 膜を、同一チャンバー内で連続して製膜した。この構造を SiO/Sn/SiO₂ 基本構造と示す。第 3 層目の成膜後、大気開放(蒸着源補充)の後に、第 4 層目として Sn、第 5 層目に SiO を同一チャンバー内で連続成膜した。この構造を SiO/Sn/SiO/Sn/SiO₂ 多層構造と示す。成膜後の試料に対し RTP(Rapid Thermal Processing)装置により大気圧 N₂ 雰囲気中にて熱処理温度到達時間を 40 s とする熱処理を行った。

作製した素子に対してエリプソメータによる膜厚測定、PL 法による発光スペクトル測定を行った。PL の励起光源には波長 325nm の He-Cd レーザを用い、カットオン波長 350nm とする光学フィルタを用い励起光をカットし、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)Basic structure (b)Multi structure

Figure 1. Sample structures

3. 測定結果

図 2 に総膜厚 200nm の試料における各熱処理温度での PL 特性を示す。各層の膜厚比は $\text{SiO}:\text{Sn}:\text{SiO}_2=5:12:3$ とした。熱処理時間は 30 分とした。熱処理温度 700°C では波長 600nm , 800°C 以上では波長 400nm を主なピークとなる PL 特性が観測された。ピーク波長 400nm の発光はシリコン酸化膜中での Sn 単体による不純物準位, 波長 600nm では SnO_x 中の欠陥に起因するものと考えられている。

次に, 膜厚比を維持したまま総膜厚を 200, 113, 73 nm と変化させた試料の PL 特性を測定した。総膜厚とピーク波長の発光強度を図 3 に示す。本構造特有の発光波長である 400nm 程度の発光強度は熱処理温度 900°C で強く, また総膜厚 113nm 程度で最大となった。これより, 総膜厚を変化させることにより発光強度が最大となる膜厚が存在することがわかった。

最大発光強度が得られた総膜厚 113 nm の時の各層の膜厚は $\text{SiO}/\text{Sn}/\text{SiO}_2=17\text{ nm}/68\text{ nm}/28\text{ nm}$ であった。そこで同膜厚の $\text{Sn}\cdot\text{SiO}$ を更に積層させた $\text{SiO}/\text{Sn}/\text{SiO}/\text{Sn}/\text{SiO}_2$ 多層構造を作製し, 発光特性を評価した。図 4 処理温度 900°C での基本構造と多層構造の PL 特性を示す。基本構造のピークは波長 400nm において最大なのに対し, 多層構造では波長 600 nm において最大のピークが観測された。第 3 層の SiO 膜の膜厚が薄く, かつ SiO_2 に対して低密度なため Sn が拡散しやすくなり, 同一熱処理条件では, 殆どの Sn は酸化し, 400 nm の発光中心が消失したと予想される。

そこで, 多層構造の熱処理時間に対する PL 特性の変化を測定した。図 5 に時間の変化に対する PL 特性を示す(熱処理温度 900°C)。発光強度は 5 分程度と短い熱処理時間で最大となることがわかった。このことより, Sn が SiO 中に短時間で拡散され, 発光中心が SiO 中に生成したものと考えられる。ただし, 多層化による発光強度の増大は確認されなかった。

4. まとめ

Sn/SiO 積層構造の発光特性を評価した。 800°C 以上の熱処理により波長 400 nm をピークとする発光が観測された。また総膜厚により発光強度が変化し, 発光強度が最大となる膜厚が存在することがわかった。ただし, 多層構造化による発光強度増大は確認されなかった。

今後は発光強度のプロセスおよび構造依存性について更に評価を続ける。また, EL による動作実現のため, 素子の導電特性の評価も行う。

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

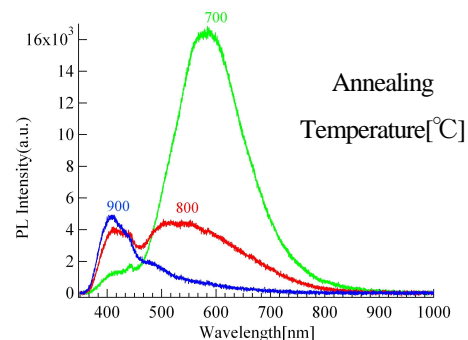


Figure 2. PL spectra at total thickness 200 nm

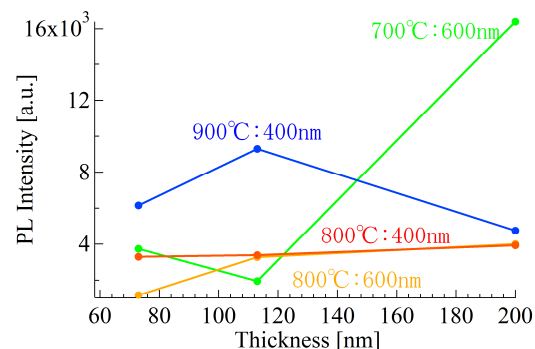


Figure 3. Thickness dependence on PL

peak strength

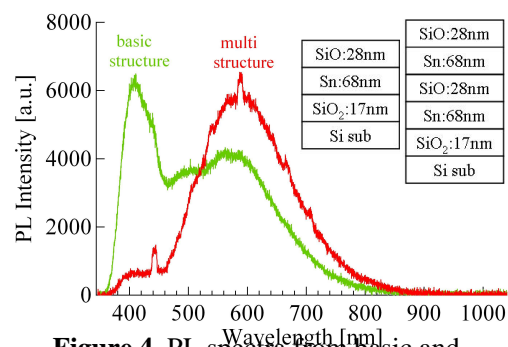


Figure 4. PL spectra from basic and multi structures

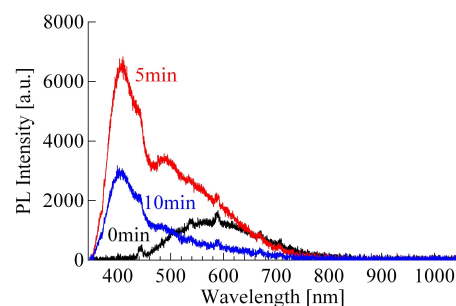


Figure 5. Annealing time dependence on PL spectra from multi structure