

## スパッタ法により成膜した Sn, SiN 積層膜および混成膜のフォトルミネセンス特性 Photoluminescence properties of Sn and SiN stacked or composite films fabricated by sputtering method

○萩原広隆<sup>1</sup>, 高橋芳浩<sup>2</sup>\*Hiroataka Hagiwara<sup>1</sup>, Yoshihiro Takahashi<sup>2</sup>

Abstract: The photoluminescence properties from hybrid films composite of Sn and SiN fabricated were investigated. We aimed to achieve uniform and high-intensity luminescence across the surface of samples. It was found that the photoluminescence intensity from Sn, SiN stacked film was higher than the composite film.

### 1. 研究背景

現在の LED などの発光デバイスは、窒化ガリウム (GaN) やガリウムヒ素 (GaAs), インジウム燐 (InP) などの化合物半導体が用いられている。これらは直接遷移半導体のため高い発光効率を持つ反面、有害物質や希少金属である。そこで、安価で安全なシリコン (Si) 系材料を用いた発光素子の作製が求められている。また、Si は電子デバイスに使用されているため、Si 系発光デバイスの実現によって光電子集積回路が実現でき、電子デバイスの更なる高速化や集積化が期待できる。

Si などの間接遷移半導体は発光効率の低さから、一般に発光素子には適さないとされている。しかし、量子サイズ効果を利用したポーラスシリコンや、Si 系材料への不純物の導入などにより、可視領域で高効率で発光することも明らかになっている。

我々はこれまでに、真空蒸着法やマグネトロンスパッタリング法などで Si 系絶縁膜および IV 族元素である Sn 膜を成膜し、熱処理により Sn を拡散させることで、可視領域での PL 発光を確認してきた。また特に、マグネトロンスパッタリング法で成膜した SiN 膜に対して Sn を拡散した膜において強い発光を確認した。また、膜中における Sn の含有率増大に伴い、発光強度が増大することも確認している<sup>[1]</sup>。

そこで本研究では、Sn, SiN の膜構成が発光強度、Sn の含有率に及ぼす影響を評価するため、スパッタにより成膜した SiN/Sn/SiN 積層膜、SiN, Sn の同時スパッタ混成膜に対して熱処理を行った試料に対して PL 特性を評価した。また、最表面の SiN 層が熱処理による Sn の気中への拡散を抑制している可能性を考慮し、SiN と Sn の混成膜の上に SiN を成膜した構造についても検討を行った。

### 2. 実験方法

n 型 Si 基板 (面方位<100>, 抵抗率 1~10Ωcm, 寸法 1×1cm) を洗浄後、3 元スパッタ装置により SiN/Sn/SiN 積層膜、SiN, Sn 混成膜、SiN/SiN, Sn (SiN キャップ付 SiN, Sn 混成膜) を成膜した。Fig. 1 に成膜した素子断面図を、Table. 1 にスパッタ条件を示す。成膜後の基板に対して、RTP (Rapid Thermal Processing) 装置を用いて常圧窒素雰囲気中において、700~1000°C (100°C step) で 5min の熱処理を行い試料を作製し、各熱処理後において PL 特性測定を行った。なお、PL の励起光源には波長 325nm の He-Cd レーザーを用い、CCD を検出器とする分光器により発光スペクトルを評価した。また、X 線光電子分光法 (XPS) にて各試料の組成分析も行った。

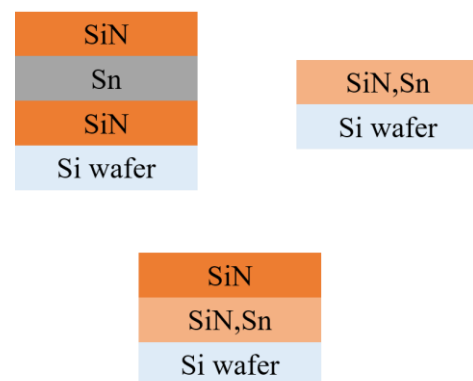


Figure 1. Cross section of samples

Table 1. Sputtering conditions

Target	Power [W]	Reaction pressure [Pa]	Time [min]	Ar flow rate [ccm]	Estimated film thickness [nm]
SiN	80	0.5	30	10	70
Sn	50				400

### 3. 結果・考察

Fig. 2 に SiN/Sn/SiN 積層膜に対する各温度による熱処理後の PL 特性を示す。いずれの熱処理温度でも発光波長は 580nm 程度であり、900°Cで熱処理を行った試料で発光強度が最大となることが分かった。また、XPS による組成分析から、膜中の Sn の含有率は 30%程度であることが分かった。

Fig.3 に SiN, Sn 混成膜に対する各温度による熱処理後の PL 特性を示す。いずれの熱処理温度でも発光波長は積層膜同様 580nm 程度であり、900°Cで熱処理を行った試料で発光強度が最大となることが分かった。また、XPS による組成分析から、膜中の Sn の含有率は 25%程度であることが分かった。

Fig.4 に SiN キャップ付き SiN, Sn 混成膜に対する各温度による熱処理後の PL 特性を示す。発光波長は熱処理温度が 700°Cにおいては 560nm 程度、800°C~1000°Cでは 580nm 程度であり、800°Cで熱処理を行った試料で発光強度が最大となることが分かった。また、XPS による組成分析から、膜中の Sn の含有率は 10%程度であることが分かった。

Fig.5 に、各試料において発光強度が最大となった温度での熱処理後における PL 特性を示す。発光強度は SiN/Sn/SiN 積層膜、SiN, Sn 混成膜の順となり、SiN キャップ付き混成膜の発光強度は、キャップ無しの試料よりも低下することがわかった。また、膜中の Sn 含有率は発光強度が強いほど高くなることがわかった。これまでの検討では、SiN キャップが熱処理による Sn の気中への拡散が抑制され、Sn 混入率の増大が可能となることを示唆する結果が得られていたが、今回はキャップの効果は確認できなかった。

### 4. まとめ

スパッタ法により Si 基板上に SiN, Sn の積層膜および混成膜を成膜し、熱処理により Sn を拡散した試料の PL 特性測定および組成分析を行った。

その結果、同時スパッタにより成膜した混成膜に比べ、積層膜のほうが発光強度、および Sn 含有率共に高くなることを確認した。また、SiN キャップによる Sn の気中拡散の抑制についても評価したが、今回の実験ではキャップの効果は得られなかった。

今後、SiN 積層膜で高い発光強度が得られる原因について検討する予定である。

### 参考文献

- [1] 五十嵐健太郎, 他:「SiO/Sn/SiO<sub>2</sub> 構造の発光特性に対する膜厚依存性」, 日大理工学術講演会論文, C-17, 2008.11.29.

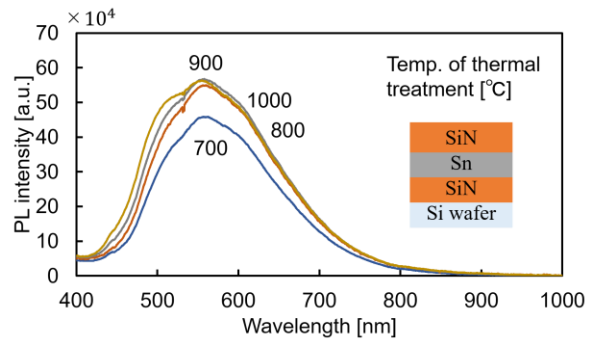


Figure 2. PL spectra of annealed SiN/Sn/SiN stacked films

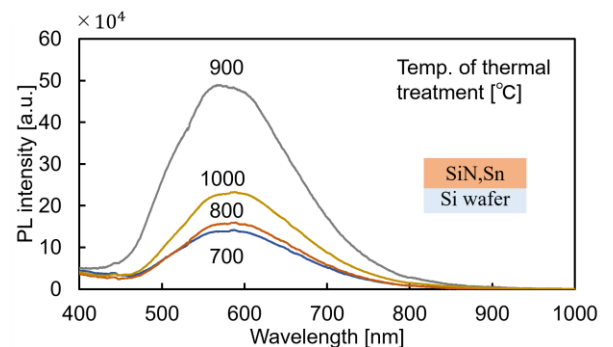


Figure 3. PL spectra of annealed SiN, Sn composite films

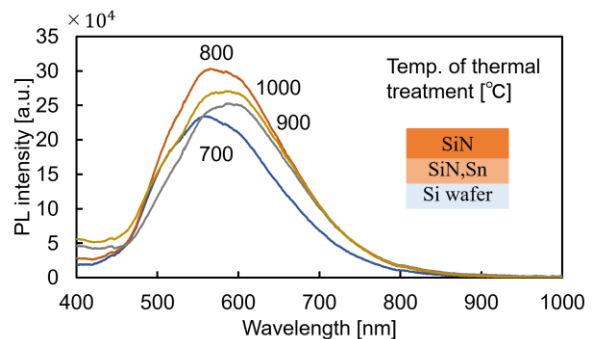


Figure 4. PL spectra of annealed SiN/SiN, Sn films

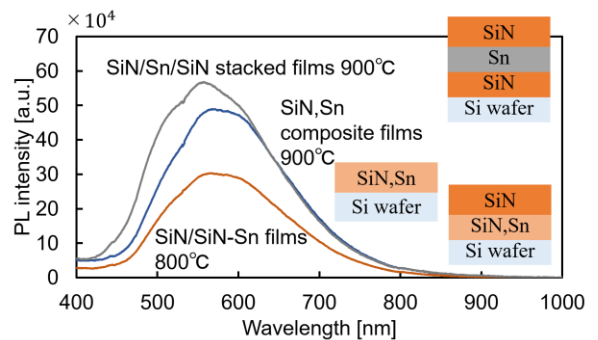


Figure 5. Comparison of the maximum PL intensity of each sample