C-7

Snを添加したSi系絶縁材料の発光特性に関する研究

Photoluminescence from Sn doped Si-based insulation film

○森山　大柊[1]，吾妻　満順[1]，呉　研[2]，高橋　芳浩[2]
*Taishu Moriyama[1], Mitsunobu Azuma[1], Yan Wu[2], Yoshihiro Takahashi[2]

Abstract: Photo luminescence properties of Sn doped SiO_2 films fabricated by sputtering method were investigated. Sn and SiO_2 film was set facing each other across gap, and evaporated Sn diffused into SiO_2 film at high temperature. High PL intensity could be obtained when the gap size was narrow.

１．研究背景

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 Siの熱酸化により得られたSiO_2膜などの絶縁膜に Sn を熱処理により拡散させることで PL (Photoluminescence) 発光が観測できることを報告してきた[1]．また，絶縁膜に対するSnの混入量と共に発光強度は増大すること，気相状のSnを絶縁膜中に拡散させることで面内でSnが凝集せずに発光素子面内で均一な発光が観測されることなどを明らかにしてきた[2]．

そこで今回，熱酸化膜に比べて密度が低いと考えられるスパッタにより成膜したSiO_2膜に対して気相状のSnを拡散させた場合の発光特性について評価した．

Figure1　Manufacturing procedure and evaluation method

２．実験方法

Fig.1に素子作製手順及び評価方法を示す．RCA洗浄した面方位<100>，抵抗率1~10 Ωcmのn形Si基板上に，マグネトロンスパッタ法によりSiO_2膜を出力80[W]，反応圧力0.5Pa，Ar流量10ccmの条件で30min成膜した．SiO_2膜厚はエリプソメータにより評価した．一方，深さ36μmの溝を構成したSi基板上に抵抗加熱真空蒸着法によりSnを400nm製膜した後，Fig.2に示すようにSiO_2膜を成膜した基板とを重ね合わせた状態で熱処理を行い気相状のSnをSiO_2膜内に拡散させた．熱処理はRTP (Rapid Thermal Processing) 装置を用いて圧力0.5Paおよび大気圧の窒素雰囲気中で温度700～1000℃の条件で5min実施した．なお，室温から設定温度に達する時間は90secと設定した．一方，溝を形成していないSi基板にSnを蒸着し，厚さ525μmのSi基板をスペーサとして対向させた熱処理も同条件で実施した（大気圧窒素雰囲気のみにて実施）．熱処理後のSn

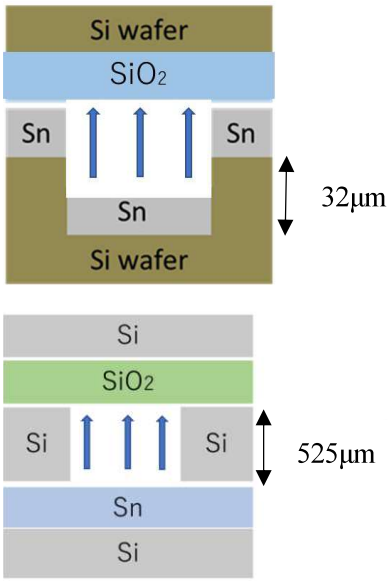

Figure2 Schematic diagram of Sn diffusion process

１：日大理工・院・電子　　２：日大理工・教員・電子

添加SiO_2膜に対して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，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．

３．結果・考察

Fig.3に溝を構成した基板を用いて大気圧力下の窒素雰囲気中で熱処理を行った試料のPL特性を示す．なお，熱処理前のSiO_2の平均膜厚は42.5nmであった．熱処理温度にかかわらず600nm付近をピークとする発光特性が得らた．また，熱処理温度とともに発光強度が変化し900℃以上で最大強度の発光が得られた．なお，800℃以上の試料では目視でも発光状態（概ね黄色の発光）を確認することができた．ただし，面内において均一な発光ではなく，局所的な発光となっていることを確認した．重ね合わせの状態で熱処理を行った後の試料を分離する際，両者が一部貼りついている状態となっていた．溝付き基板上で熱処理により蒸発したSnを，36μm程度の隙間を介してSiO_2に拡散させることを目的としたプロセスであったが，一部のSnが液状でSiO_2に接触し，熱処理後の温度低下時に凝集したことが，局所的な発光の原因であると考えた．

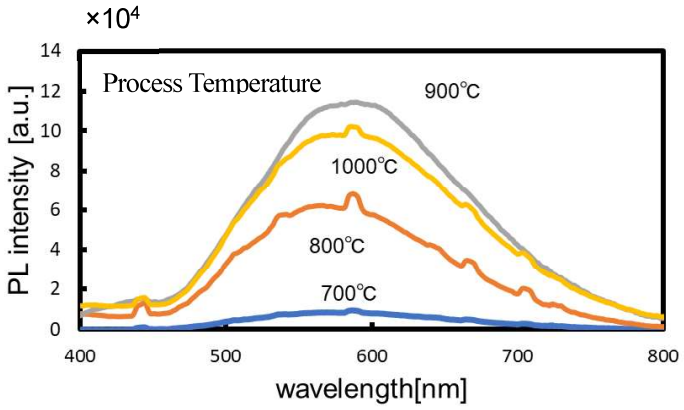

Figure3 PL spectrum of sample fabricated with gap of 36μm

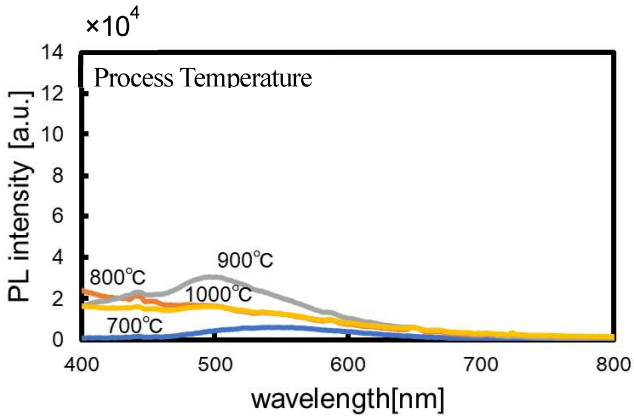

Figure4 PL spectrum of sample fabricated with gap of 525μm

そこで，厚さ525μmのSi基板をスペーサとしたプロセスについても検討した．得られた試料のPL特性をFig.4に示す.なお，熱処理前のSiO_2の平均膜厚は108.9nmであった．熱処理温度900℃において最大発光強度（ピーク波長：500nm程度）となったが，その強度はFig.3の結果に比べて低いものであった．試料の面内での発光強度は均一ではなく発光強度の高い点を測定した.なお，間隔を525μmとしたプロセスは大気圧窒素雰囲気下でのみ実施しており，蒸発したSnがSiO2へ十分拡散していないことが懸念される．

４．まとめ

スパッタ法で成膜したSiO_2膜に対して，熱処理により蒸発したSnを間隙を介してSiO_2に拡散することにより得られた試料のPL発光特性について検討した．その結果，間隙を36μm程度としたプロセスでは強い発光が観測されたものの，局所的に発光することがわかった．ただし，間隙を増大させた場合には発光がほぼ観測されなかった．今後，熱処理条件依存性や組成について評価し，原因について検討する予定である．

5.　参考文献

[1]　大津　卓也,：他：「Sn添加シリコン酸化膜のPhotoluminescence特性」第66回応用物理学会，9p-K-11，2005.9.

[2]　川俣　明,：他：「Sn添加シリコン酸窒化膜のPL特性評価」　平成26年度　日本大学理工学部　学術講演論文集, C-19，2014. 12.