

氏名	佐々木 吾朗 さ さ き ごと ろう
学位の種類	工学博士
学位記番号	工博第 855 号
学位授与の日付	昭和 59 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当
研究科・専攻	工学研究科電気工学専攻
学位論文題目	Characterization and properties of amorphous Si : N and Si : N : H alloys (非晶質シリコン・窒素およびシリコン・窒素・水素系の評価と その性質)
論文調査委員	(主査) 教授 佐々木昭夫 教授 川端 昭 教授 松波弘之

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、非晶質シリコン系半導体の光学的、電気的特性に及ぼす窒素添加の効果を明らかにする目的で、非晶質シリコン・窒素 2 元系およびシリコン・窒素・水素 3 元系の諸特性について各種の方法により評価を行い、その特性を明らかにしたもので、11章からなっている。

第 1 章は序論であり、非晶質シリコン系半導体の特徴および応用について述べ、ギャップ準位の評価の重要性を指摘し、本研究の背景と目的、および本論文の構成について述べてある。

第 2 章では、まず非晶質シリコン系半導体のギャップ準位の評価法について概括し、それらの問題点を指摘している。そして、単結晶シリコン・非晶質シリコン接合の容量電圧特性からギャップ準位密度を測定する方法を提案し、また電界効果法について改良を加えることにより、化学的気相析出 (CVD) 法によって作製した非晶質シリコン中のギャップ準位密度を明らかにしている。さらに、金属・絶縁膜・非晶質シリコンダイオードの容量の測定周波数および温度依存性からギャップ準位の応答速度、捕獲断面積および密度を明らかにしている。

第 3 章では、CVD 法による非晶質シリコン・窒素 2 元系の作製について述べ、析出速度と作製条件の関係を示している。さらに、膜中窒素量の測定について述べており、その作製条件依存性を明らかにしている。

第 4 章では、CVD 法による非晶質シリコン・窒素 2 元系の光学的特性について、光吸収係数、光学的ギャップおよび屈折率を測定し、それらの膜中窒素量依存性を明らかにしており、窒素量の増加とともに光学的ギャップは単調に増加し、屈折率は単調に減少することを示している。

第 5 章では、CVD 法による非晶質シリコン・窒素 2 元系の電気的特性について、暗導電率の温度依存性および光応答を測定し、膜中窒素量の増加とともに、フェルミ準位近傍のギャップ準位に起因したホッピング (hopping) 伝導が減少することを明らかにした。

第 6 章では、CVD 法による非晶質シリコン・窒素 2 元系中の欠陥およびギャップ準位密度を測定し、

窒素添加により膜中の欠陥が減少し、フェルミ準位近傍のギャップ準位密度が減少することを明らかにしている。

第7章では、CVD法による非晶質シリコン・窒素2元系の熱アニールによる欠陥、暗導電率、およびギャップ準位密度の変化を測定しており、また熱アニールにより欠陥およびギャップ準位密度が増加することを明らかにしており、これよりCVD法非晶質シリコン・窒素2元系は、電氣的に活性な不純物として膜中に微量の水素を含んでいると述べている。

第8章では、CVD法非晶質シリコン・窒素2元系の光学的、電氣的特性の水素化処理による変化を明らかにしており、水素化処理による暗導電率の変化から、膜中に窒素に起因するドナーが存在することを示している。

第9章では、グロー放電法による非晶質シリコン・窒素・水素3元系の作製について述べており、析出速度、膜中窒素量、および水素量と作製条件との関係を明らかにしている。

第10章では、これら3元系の光学的、電氣的特性と作製条件の関係を明らかにしており、第9章で示した膜中窒素量および水素量の作製条件依存性と合わせて議論し、光学的ギャップの増加に膜中水素量の増加が寄与していること、微量の窒素添加により暗導電率、光応答が増加し、多量の窒素添加によりそれらが逆に減少することなどを明らかにしている。

第11章は結論であり、本研究を通じて得られた結果をとりまとめている。

論文審査の結果の要旨

非晶質シリコン・窒素・水素3元系は、エネルギー・ギャップの広帯域化、光起電力デバイス(device)の変換効率向上等のための有力な材料であり、その光学的、電氣的特性に及ぼす窒素添加の効果の解明が望まれている。本論文は、非晶質シリコン系半導体の特性が膜中水素により大きく影響されることから、まず水素をほとんど含まない非晶質シリコン・窒素2元系を作製し、2元系における窒素の役割を明らかにしたのち、非晶質シリコン・窒素・水素3元系の諸特性に及ぼす窒素添加の効果を実証したものである。得られた主な成果は次の通りである。

1. 化学的気相析出法によって作製した非晶質シリコン・窒素2元系は、電氣的に活性な不純物として水素を含んでいるが、光学的特性は水素の影響をほとんど受けない。光学的ギャップは、膜中窒素が $2 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$ 以下であまり増加せず、それを越えると膜中窒素量の増加とともに急激に増加する。これらの膜中の屈折率は窒素量の増加とともに単調に減少する。

2. グロー放電法によって作製した非晶質シリコン・窒素・水素3元系の膜中水素量は、窒素量の増加とともに増加する。これらの増加は、3元系の光学的ギャップの増加に寄与するが、250℃で作製した場合、膜中水素量の増加による影響が大きい。

3. 化学的気相析出法によって作製した非晶質シリコン・窒素2元系、それらを水素化したシリコン・窒素・水素3元系およびグロー放電法によるシリコン・窒素・水素3元系いずれにおいても、窒素に起因するドナーが存在する。

4. 化学的気相析出法による非晶質シリコン・窒素2元系のフェルミ準位近傍のギャップ準位間のホッ

ピング (hopping) 伝導は、窒素添加により減少する。これより、窒素添加によりフェルミ準位近傍のギャップ準位が減少することが示される。他方、これらの2元系の光応答は、窒素量にほとんど依存しない。

5. 同じく、非晶質シリコン・窒素2元系においては、電子スピン共鳴によって求めた欠陥密度および電界効果法によるフェルミ準位近傍のギャップ準位密度いずれも窒素添加により減少する。

6. グロー放電法による非晶質シリコン・窒素・水素3元系の暗導電率および光応答は、微量の膜中窒素により増加し、さらに窒素量を増すと逆に減少する。また、暗導電率と光応答の変化には強い相関がある。

以上要するに、本論文は従来その特性の詳細が不明であった非晶質シリコン・窒素2元系およびシリコン・窒素・水素3元系の光学的、電気的特性を膜中窒素量および水素量と対応させながら明らかにしており、さらに欠陥、ギャップ準位の測定を行うことにより、それらを電子物性の立場から論じたもので、これらの非晶質シリコン系半導体を電子デバイスに応用する際の基本的かつ重要な知見を与えており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。

また、昭和59年2月7日に論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果合格と認めた。