



Title	酸化物半導体PINダイオードの作製と評価に関する研究
Author(s)	杉浦, 正典
Citation	大阪大学, 2002, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/43556
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	すぎ 杉 浦 まさ のり 典
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 7 1 0 5 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 14 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学 位 論 文 名	酸化物半導体 PIN ダイオードの作製と評価に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小林 猛 (副査) 教 授 奥山 雅則 教 授 岡本 博明

論 文 内 容 の 要 旨

酸化物には超伝導性・磁性・誘電性・電気光学効果など多くの機能性があり、様々な分野で利用されている。酸化物エレクトロニクスではこれらの機能を有機的に結びつけることで、光・電子・磁気統合機能デバイスを実現することが期待されている。

本研究では酸化物半導体を母体とした電子デバイスにより、上記の実現を目指してきた。機能性酸化物材料に少数キャリア注入の概念を導入することで、酸化物 PIN ダイオードを作製し、基礎特性の評価を行ってきた。

これまで酸化物薄膜材料は全体的に結晶性が悪く、薄膜中に多数のトラップが存在していた。そのために PN ダイオードを作製するにあたって、価電子制御のために P 層と N 層を共に高ドーパ量にする必要があった。したがって、I 層を導入した PIN ダイオードの構造を採用した。

しかし、実際にキャリア注入を行うことで、I 層に存在するトラップがダイオードの特性に大きく影響してきた。本研究ではまず、下地基板と酸化物薄膜の格子不整合をできるだけ抑えることにより、I-V 特性の改善を図った。この結果を通して、酸化物ダイオードの場合においても、半導体レベルの格子整合が要求されてくることが判明した。

さらに、ダイオードの立ち上がり電圧について半導体で用いられるバンドダイアグラムによって考察することで、電子相関の強い酸化物系においてもバンドモデルが適用できることを確認した。

次に、空間電荷制限電流の考え方をを用いてダイオードの特性を評価することで、I 層中に存在するトラップ準位の深さおよび密度を見積もった。また、トラップの主な原因が酸素欠損であるという結論が、一連の評価を通して得られた。PIN ダイオードにすることで構造は一層複雑化する反面、トラップに関してより多くの情報を引き出すことができた。

最後に多機能デバイスへの第一歩として、強誘電体をダイオードに導入した。そして、強誘電体の結晶中にキャリアが注入された場合においても、分極情報が保持されることを確認した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

磁性、誘電性、電気光学特性、超伝導性、等々に代表される酸化物電子光材料の多用な機能は次世代エレクトロニ

クスを支える重要なものばかりである。この分野ではこれまでも精力的な研究が展開されてきたが、一つ欠けているのが酸化物半導体の研究であった。酸化物半導体が実用されると応用の幅は一挙に拡大すると考えられる。審査論文では酸化物半導体の基盤である n 形、p 形酸化物半導体のレーザーアブレーション成長に始まり、それらの結晶性・電気特性の評価がなされ、さらにヘテロ構成 pin ダイオードを始めて試作し、その特性評価をととして酸化物半導体デバイスの可能性や内在する本質的な問題の抽出、そして問題に対する対処など一連の系統的な基礎研究をおこなっている。

酸化物材料は基本的に多元系のものが多く、組成の制御が非常に困難になってくる。現段階ではまだ酸化物薄膜の作製技術が低く、薄膜中に多数の格子欠陥（さらに化学量論組成からのずれ）が存在している。このことは、誘電体や磁性体など単体機能材料として扱う場合にはさほど問題にはならなかったが、酸化物半導体薄膜として用いる本研究においては、薄膜の電気伝導性・デバイス基本特性などに極めて深刻な問題を投げかけた。単層薄膜の作製を通して、結晶性の改善のために格子不整合をなくすこと、および酸素欠損を抑えるために酸化力を上げること、が重要であることが明かにされた。特に格子整合に関しては、酸化物薄膜に対しても通常の半導体と同等の整合性が要求されていることが明かにされたのは意義深い。

次に PIN ダイオードの作製ならびに特性の詳細測定が行われた。そこでは、単層薄膜以上に格子不整合による問題が顕著に表れてきた。解析を行った結果、I 層を導入することで空間電荷制限電流の影響が出てくるため、単なる pn ダイオードの場合よりも、トラップの影響がさらに大きな違いとなって出てくるという事実をつきとめた。学術的に大きな意味を持っている結果である。

酸化物には一般的に電子相関の強いものが多いため、半導体で用いられるバンドダイアグラム表示が適用できなくなる可能性がある。検討の結果、ダイオードの電流－電圧特性や容量－電圧特性が問題無く半導体バンドダイアグラム記述で説明できることが示された。酸化物半導体系においてバンドモデル適用が確認されたことは今後の研究の展開にとって大きく貢献する内容である。

次に、空間電荷制限電流の考え方を用いてダイオードの電流－電圧特性の温度依存性を解析することで、酸化物薄膜中に存在するトラップ準位の深さおよび密度を見積もっている。デバイス構成において測定された初めてのデータであり価値は高い。トラップ準位の深さは 0.08～0.09 eV が支配的であることが明かにされた。さらに詳しい検討および既知の結果等との対比から、酸素欠損がトラップの主な原因であることが判明した。

最後に、強誘電体薄膜への少数キャリア注入実験も行われ、残留分極とキャリア注入の関係にもメスが入れた。

以上の内容は酸化物半導体の薄膜成長およびデバイスに関する先駆的な研究成果であると同時に、酸化物エレクトロニクスの今後の進展に多大な貢献をするものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。