

学位論文題名

アモルファス半導体における過渡光伝導に関する研究

— 光照射および金属添加の効果 —

学位論文内容の要旨

アモルファス半導体の工学的応用は意外に古く、1950年にゼロックス社から発売された電子複写(コピー)機に始まる。この複写機には、アモルファス Se が感光体として使用された。以来、太陽電池、相転移型光メモリーなど、結晶半導体とは異なった独特の製品が開発されている。

同じ半導体でありながら、アモルファス半導体が結晶半導体とは異なった発展を遂げているのは、アモルファス半導体が結晶半導体には無い独特の性質を有するからに他ならない。

その第一は、大面積化が可能であるということである。これは、アモルファス半導体が長距離の構造秩序をもたないという性質を反映している。第二は、アモルファス半導体が非平衡な状態で存在することに起因する擬安定性である。この性質により、アモルファス半導体は光照射などによって、比較的容易に物性変化を生じさせることができる。第三は、組成の自由度が大きいということである。このため、化学量論組成に限定されることなく、組成比を連続的に変えたり、他元素を添加したりして物性を連続的に、大幅に変化させることができる。

このうち第二、第三の性質は、物理的に興味深いというだけでなく、工学的にはアモルファス半導体独特の物性コントロールの手法と捉えることもできる。したがって、光照射や他元素の添加に対するアモルファス半導体の物性変化を調べるということは、物性コントロールの際の基礎的なデータを与えるという意味でも重要である。

本研究では、この第二、第三の性質に着目し、アモルファス As_2Se_3 の過渡光伝導特性に対する光照射および金属添加の効果を調べたものである。アモルファス As_2Se_3 は、光電材料として優れており、基本的な物性は良く研究されている代表的なカルコゲナイド系

アモルファス半導体である。また、過渡光伝導解析は、アモルファス半導体の電氣的、光学的、光電的性質に大きな影響を及ぼしている局在準位に関する知見を得る手法である。したがって、本研究によりアモルファス As_2Se_3 の局在準位に対する光照射および金属添加の効果、言い換えれば、物理的および化学的なモディフィケーションの効果が明らかとなる。

本論文は、全 10 章から構成されている。

第 1 章では、研究の背景と目的について述べている。

第 2 章では、理論的背景として、分散型の過渡光伝導特性から局在準位の情報を得るために必要なマルチプラトラッピングモデルについて述べる。加えて、過渡光伝導特性を測定する実際の手法、Time-of-Flight(TOF) 法と過渡光電流 (Transient Photocurrent: TPC) 法の原理について説明する。

第 3 章では、過渡光伝導特性に対する光照射効果の実験方法および実験結果について述べる。そして、第 4 章における実験結果の解析を通じて、局在準位に対する光照射効果を明らかにする。

また、第 5 章では、過渡光伝導特性に対する金属添加効果の実験方法および実験結果について述べ、第 6 章における解析によって、局在準位に対する金属添加効果を明らかにする。そして、第 7 章では、金属を含有した材料の構造と光学的特性について述べる。

第 8 章では、過渡光伝導と光誘起現象との間に観測された相関関係について述べる。

第 9 章では、局在準位に対する光照射、金属添加効果を微視的立場から考察する。

第 10 章に本研究を総括する。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 田 中 啓 司

副 査 教 授 山 谷 和 彦

副 査 教 授 阿 部 寛

学 位 論 文 題 名

アモルファス半導体における過渡光伝導に関する研究

— 光照射および金属添加の効果 —

アモルファス半導体の工学的応用は意外に古く、1950年代に遡る。当時、アモルファスセレンが、複写機の感光体として初めて実用に供された。以来、アモルファス半導体は、結晶半導体とは一線を画しながら独自の発展を遂げてきた。現在では、太陽電池や相転移型光メモリーなど多くの製品が開発されるに到っており、アモルファス半導体は身近なデバイス材料として我々の生活に浸透しつつある。その反面、学問的な見地からみたアモルファス半導体物性は、結晶半導体物性と比較すると極めて未成熟な状況にある。したがって、その基礎物性にも多くの未解決な問題が残されている。

その一つが、アモルファス半導体に固有なバンドギャップ内の局在準位に関する問題である。局在準位は、バンドギャップ端の特性に影響を与え、電子（正孔）の移動度を支配し、デバイスの応答特性を左右する重要な要因となる。また、アモルファス半導体に特徴的な光誘起現象を支配しているのもこれらの局在準位である。したがって、新しい機能デバイスの創製のためには、物理的、化学的作用に対する局在準位の応答特性、およびその起源に関するより進んだ研究が望まれるところである。

本論文は、代表的アモルファス半導体である As_2Se_3 , Se, 水素化 Si の局在準位の性質を、過渡光伝導法を適用することによって調べた一連の研究をまとめたものである。特に、アモルファス半導体が有する二つの性質「擬安定性と組成の自由度」に着目し、光照射および金属添加が局在準位に及ぼす影響を As_2Se_3 を用いて詳しく考察している。本論文の主要な成果は、以下の5点に要約される。

- (1) バイアス光照射下における過渡光伝導測定を初めて行った。その結果、キャリアの走行時間は増加するが、分散パラメーターは変化しないことを見いだした。また、この電流特性の変化は、バイアス光照射下でのみ観測される極めて不安定なものであることを確認した。
- (2) (1)のバイアス光照射の変化に対し、計算機によるモデル解析を適用することによって、バイアス光照射下の局在準位分布を求めた。その結果、光照射下では局在準位密度が約2倍増加すること、また指数関数型の局在準位分布の特性温度は変化しないことを見いだした。
- (3) 銀および銅を添加した As_2Se_3 ガラスの過渡光伝導特性を、金属含有量を変化させて調べた。その結果、過渡光電流は分散型の減衰特性を示すこと、銀を含む試料よりも銅を含む試料の方が遅い減衰特性を示すことを発見した。
- (4) 銀および銅を添加した As_2Se_3 ガラスの過渡光伝導特性に、ラプラス変換を組み込んだマルチブルトラッピングモデルを適用することによって、局在準位分布を求めた。その結果、これらの金属を10原子%以上含有した試料においても、局在準位は指数関数型に分布していること、また局在準位の特性温度は、銀を含む試料よりも銅を含む試料の方が低いことを見いだした。
- (5) 上述の光照射効果および金属添加効果の微視的なメカニズムを、Silverらの提案したモデルに

に基づいて、統一的に考察した。その結果、光照射に伴う局在準位の増加は、荷電欠陥の光生成と関係づけられること、銀や銅を添加した試料の特性温度の大小は、構造乱れの大小に関係づけられることを示した。

これを要するに著者は、アモルファス半導体の局在準位の性質、およびその起源に関して多くの新知見を見いだしており、ランダム系固体物理学や応用物理学の進歩に寄与するところ大である。よって、著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。