

# 論文審査の結果の要旨

氏名 柳瀬 隆

三色超格子は反転対称性が無く、ユニークな物性を発現することが期待される。また近年、有機エレクトロニクス的发展により、多くの有機アモルファス材料が開拓され、利用できる状況にある。アモルファス材料は高速で積層することが可能なため、多積層の超格子作製に適している。本研究では、三色超格子とアモルファス材料の特徴を組み合わせることにより、光スイッチング可能な圧電材料の開発について検討している。

本論文は、以下の序章および6章より構成されている。

序章では本論文を概観している。以降の1章から6章の内容の理解を助けるとともに、本論文の構成についても言及している。

第1章では本論文の背景および目的が述べられている。この章では超格子の歴史と近年の有機エレクトロニクスによる有機アモルファス材料の開発・発展について概観している。その上で、これら二つのコンセプトを組み合わせることにより、光スイッチング可能な圧電材料の作製を提案している。また、考えられるメカニズムを提示し、提案した材料の実現が可能であることを明示している。

第2章では実験装置・解析装置の説明およびそれらの原理の説明である。本研究で用いたX線回折(XRD)、原子間力顕微鏡(AFM)、金属蒸着機、ポーリング処理、圧電測定、光起電力測定、光スイッチング圧電測定、赤外分光法の原理について述べている。

第3章ではアモルファス超格子を作製するための装置に関して述べている。アモルファス超格子を作製する上で重要となる高速蒸着を達成するための工夫について説明し、実際の超格子作製装置の性能について述べている。また自動蒸着の際に利用できるシーケンスの具体例を示し、作製可能な超格子の構造について言及している。試作した装置を用いて  $\text{Alq}_3/\text{NPB}$  超格子を作製し、AFM、XRDによる評価した結果、必要な性能が得られたと結論づけている。

第4章は交互蒸着法によるポリ尿素の作製とその評価について説明している。従来、ポリ尿素膜は共蒸着法により作製されていたが、三色超格子にポリ尿素を利用するには共蒸着は不向きである。そこで、ポリ尿素膜が交互蒸着法により作製出来るかを検証している。蒸着比を変化させながらポリ尿素膜を作製し、その表面を光学顕微鏡で観察した結果、蒸着比が 1:1 付近であれば非常に平坦な

ポリ尿素膜が得られることが明らかにしている。さらに、交互蒸着法により作製したポリ尿素膜について圧電性を確認している。これらの結果から、交互蒸着法を用いることで、ポリ尿素を三色超格子へ応用することが可能であると結論している。

第5章では光スイッチング可能な圧電材料の作製について報告している。まず、酸化モリブデンを絶縁層に用いた三色超格子( $\text{Alq}_3/\text{MoO}_3/\text{NPB}$ )を作製し、それぞれの層の膜厚が薄い時は光起電力が小さいが、7-8 nm の膜厚があれば 10 V 以上の非常に大きな光起電力が得られることを見出している。この  $\text{Alq}_3/\text{MoO}_3/\text{NPB}$  超格子では圧電性は確認できなかったが、ポリ尿素を絶縁層に用いた三色超格子(ポリ尿素/NPB/ $\text{Alq}_3$ )では、大きな光起電力を観測している。繰り返し回数を増やすことで光起電力が増大することを見出し、測定限界の 14.1 V 以上にまで達すると述べている。さらに、キャパシタンス法を用いて圧電特性を評価し、ポリ尿素膜由来の圧電性を観測し、0.3 nm と微小な変位ながら光スイッチング特性も確認している。これにより、当初の目的である光スイッチング圧電材料の開発に成功したと結論づけている。

第6章は結論と総括である。

以上のように、本研究は、光スイッチング可能な圧電材料の開発に成功し、超格子構造を用いた新しい物性の探索に道を開くものである。これらの研究は理学の発展に大きく寄与する成果であり、博士(理学)に値する。なお本論文は複数の研究者との共同研究であるが、論文提出者が主体となって行ったものであり、論文提出者の寄与は十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。