

実施課題番号： 2006B0147 / 2006B0202

実施課題名： 非晶質酸化物半導体薄膜トランジスタ材料の構造解析

実験責任者： キヤノン株式会社 先端融合研究所 高田 一広

使用ビームライン： BL46XU / BL19B2

【背景および目的】

近年液晶やプラズマに代表される大型フラットパネルディスプレイの駆動では、アモルファスシリコンや多結晶シリコンといった、シリコン材料ベースの薄膜トランジスタ(TFT:Thin Film Transistor)が用いられている。これら TFT を作製した際の性能を示す電界効果移動度(以下移動度と記載)は、多結晶シリコンで $100\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度、アモルファスシリコンで $\sim 1\text{cm}^2/\text{Vs}$ であるが、いずれも一般的に高温のプロセスが必要となる。

現在、活発に研究されている有機 TFT などは、低温での成膜が容易であり、将来的に熱に弱いプラスチック等を基板に用いたフレキシブルディスプレイ等への応用が想定されている。しかしながら、有機 TFT に用いる有機半導体の移動度は $1\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度であり、アモルファスシリコン TFT に対しての性能面での優位性はあまりない。

弊社が開発を進めているアモルファス In-Ga-Zn-O 半導体薄膜¹⁾は移動度が約 $12\text{cm}^2/\text{Vs}$ と、アモルファスシリコン半導体と比較して 10 倍以上の大きな値を示し、室温での薄膜形成が可能であるという特徴を有しており、将来的には、次世代フレキシブルディスプレイ等へのデバイス応用が期待される材料である。

しかしながら本材料における伝導機構については未だ解明されていないことが多く、高性能な TFT を作成するにあたり、構造を十分に把握し、伝導機構を明らかにすることは重要な課題である。

本課題では、非晶質の構造解析において既にも実績がある X 線吸収微細構造(XAFS)と微小角入射 X 線散乱(GIXS)を、我々が開発している非晶質酸化物半導体薄膜に適用し、それぞれの手法の有用性を検討するとともに、アモルファス In-Ga-Zn-O(a-IGZO)半導体膜構造に関する情報を取得し、実験で得られた構造情報に基づく電子状態計算を実施することで、伝導機構の理解、並びに高性能 TFT 開発の指針を得ることを目的としている。

【実験方法及び結果】

今回の実験においては、手法の有用性検討とともに、移動度と構造の相関を調べるために、移動度が異なる(成膜温度が室温と 300°C)試料を準備した。

1. XAFS 測定

本試料形態は薄膜であるために、XAFS 測定は蛍光法で行うのが一般的である。しかしながら含有元素の Zn と Ga がほぼ当量の組成であり、Ga の蛍光測定を行う際に Zn の蛍光が発生し、スペクトルが妨害されることが想定された。そこで含有元素(In,Ga,Zn)全ての K 吸収端で透過測定が行えるように、基板上に IGZO 薄膜を数枚から数 10 枚作成した後、基板から薄膜のみを剥離、回収、BN で希釈した後、直径 10mm のペレットを作成した。測定は BL19B2 で、それぞれの K 吸収端で Si(111)二結晶モノクロメ

ーターを用い、透過法で行った。図1には室温で成膜した a-IGZO 膜の各吸収端での測定から求めた動径分布関数を示す。いずれも第一近接の M-O (M=In,Ga,Zn) のピークは明瞭に観察されるが、第二近接の M-M のピークは明瞭に観察されなかった。これら第一近接結合距離は、標準試料として測定した多結晶 InGaZnO₄ とほぼ同じであった。

2. GIXS 測定

試料は 5mm 厚の 3 インチ Si 基板の上に膜厚 20nm 程度の a-IGZO 薄膜を室温および 300 °C で成膜して測定に用いた。測定は BL46XU にて行った。エネルギーは 20keV を選択し、入射角は全反射臨界角未満の 0.08 ° に設定した。入射スリットは高さ 0.05mm を用いてこの入射角の条件で試料から X 線がはみでることなく照射した。散乱 X 線の検出はソーラースリットを通してシンチレーションカウンターを Out-of-plane 側に走査して行った。

図2に室温成膜試料で得られた散乱プロファイルを、図3にそのプロファイルを RDF (Radial Distribution Function) 解析した結果を示す。RDF からは XAFS では観測されなかった第二近接以降の情報が得られ、6 Å 近辺までの明瞭なピークが観測された。ピーク幅もそれほど広がっていないことから、比較的中距離秩序構造が形成されていることがわかった。

【まとめ】

非晶質酸化半導体薄膜 IGZO に対して、XAFS と GIXS の測定を実施した。XAFS からは第二近接以降の情報は得られなかったが、GIXS からは第二近接以降の情報を明瞭に得ることができた。これら 2 手法を併用することで本非晶質薄膜の解析を行うことは非常に有益であることが確認できた。

今後、得られたデータをさらに詳細な解析を行い、結合距離、配位数、動径分布関数の情報を用いて分子動力学法 (MD)、逆モンテカルロシミュレーション (RMC) により構造モデルを構築し、電子状態計算を行い、伝導特性メカニズムについて検討を行う予定である。

【謝辞】

本実験の実施にあたっては課題申請の産業利用推進室古宮氏、梅咲氏、廣沢氏、本間氏、平山氏、小金澤氏に多大な協力をいただきました。特に廣沢氏には実験計画の詳細から技術的な面までさまざまなお協力をいただきました。この場を借りて厚くお礼を申し上げます。

【参考文献】

1. H.Yabuta et.al, Appl.Phys.Lett, 89, 112123 (2006).

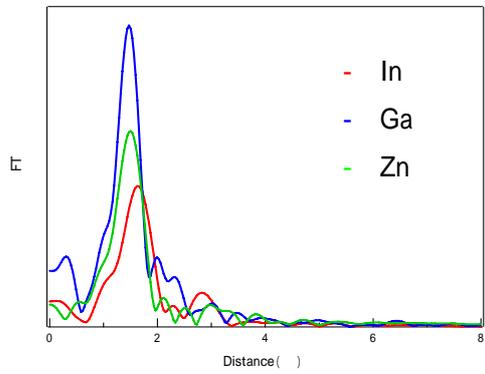


図1: XAFS から得られた動径分布関数

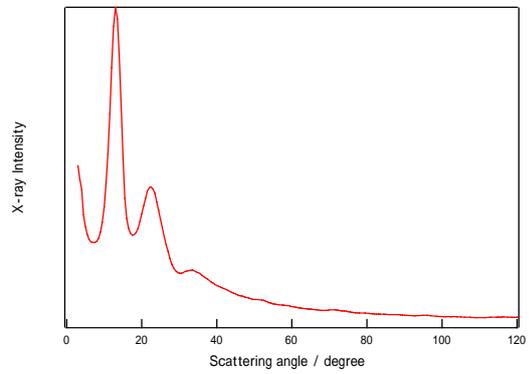


図2: GIXS から得られた散乱プロファイル

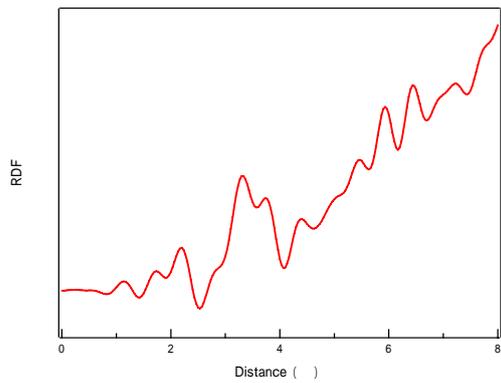


図3: GIXS から得られた動径分布関数