

## 1. 実施課題番号

2007B1944

## 2. 実験課題名

粉末 X 線回折測定によるアモルファス透明酸化半導体薄膜の構造解析

## 3. 実験責任者

宇都野 太 出光興産(株)

## 4. 共同実験者

川嶋 浩和、矢野 公規、井上 一吉 出光興産(株)

## 5. 使用ビームライン

BL19B2

## 6. 実験結果

はじめに

アモルファス酸化半導体が注目を集めているが、この物質はアモルファスでありながら、電界効果移動度が  $10\text{cm}^2/\text{Vs}$  以上もあり、現在半導体として広く使われているアモルファスシリコン(a-Si)よりも 1 桁大きい。しかも酸化物であるので製造プロセスや取り扱いも容易であり、しかも透明であるという特性も生かして、フレキシブルディスプレイをはじめとした様々な用途への展開が期待されている。筆者らは、これまで、透明電極材料として、酸化インジウムに亜鉛を混合した  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  薄膜の研究開発を行っている。 $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  はアモルファスでありながら十分な電導性を持ち、アモルファスとしての特徴であるエッチング特性や平滑性、大面積均一性などが優れていることから、平滑さやパターンニング特性等のプロセスメリットを要求される大面積液晶ディスプレイの透明電極などの高性能デバイスに用いられている。

アモルファス酸化半導体と透明電極材料である  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  は非常に良く似た組成系である。後者はキャリアである電子が多く、そのキャリアの由来は酸素欠損と言われている。前者の酸化半導体はキャリアは少ないが、双方とも移動度は In などの金属イオンが作る s 軌道の重なりが導電パスになっていると言われている。酸化物半導体の重要な特性の一つが移動度であるが、移動度は金属—金属が作っているが、アモルファスの場合、第二配位となる金属—金属間結合を調べる方法は、回折法が非常に有為である。ただし、これらの薄膜での構造解析は非常に困難であるが、これまでに SPring-8 において GIXS 測定によるアモルファス  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  薄膜の構造解析を行い薄膜表面の構造情報を得ており、さらに薄膜を粉体化し、その粉体をキャピラリーに詰めイメージングプレートによる X 線回折を用いることにより、より精度の高いアモルファス薄膜の構造情報を得ることが可能であると考えられる。

そこで、今まで蓄積した知見と手法を用いて、アモルファス透明酸化半導体材料で、構造解析を行い、最終的にはキャリア移動度などの電気的な測定結果と比較を行うことで、高性能なアモルファス透明酸化半導体の物性を形作る因子を構造より明らかにすることを目的としている。

実験方法

アモルファス  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  およびアモルファス  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO- Ga}_2\text{O}_3$  薄膜をスパッタリングで作製

した薄膜を粉体化し、直径 0.3mm のキャピラリーに試料を詰め、In-K 吸収端以下の 27.5keV の放射光を用いた。キャピラリーを試料台に固定し、測定中は回転させ、ディテクターにはイメージングプレートを用いて測定を行った。得られた X 線プロファイルを解析し、動径分布関数を算出した。

## 実験結果

アモルファス  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  およびアモルファス  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Ga}_2\text{O}_3$  薄膜の粉末 XRD プロファイルを解析して得られた動径分布曲線(RDF)を図 1 に示す。

2Å付近に見られるピークは In-O 結合によるものであると考えられるが、どちらも In-O の構造に大きな違いがないと考えられる。また、3~4Å付近の第二配位は In-In あるいは In-Zn、In-Ga であり、この結合が電気特性と関連していると考えられるが、In-In の稜共有が大きい特徴をどちらも有している。これについては今後詳細に検討する予定である。

本手法を用いることにより、アモルファス薄膜の RDF を精度良く測定することが可能であることが確認できた。今後、シミュレーション手法などと組み合わせて、さらに、詳細な構造解析を行い、電気特性や半導体特性との比較を行い、アモルファス酸化物半導体の特徴を明らかにする。

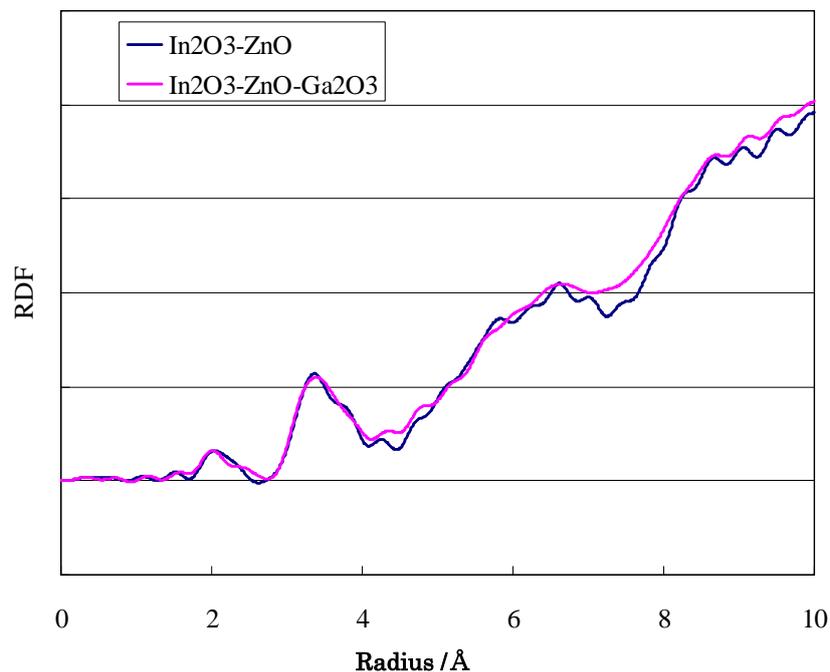


図 1  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO}$  および  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnO-Ga}_2\text{O}_3$  薄膜の動径分布曲線