

酸化亜鉛を用いた透明導電膜の室温成膜

熊本大学大学院自然科学研究科 ○梅田 佳宏, 坂井 徳浩, 光木 文秋, 池上 知顯

Kumamoto Univ. : Y. Umeda, N. Sakai, F. Mitsugi, T. Ikegami

E-mail : umeda@st.cs.kumamoto-u.ac.jp

1. はじめに

現在、太陽電池パネルなどに用いられている透明導電膜の材料としてITO(Indium Tin Oxide)が主に用いられている。しかし、ITOに含まれるInが希少金属であることからInの枯渇が懸念され、ITOの代替材料が必要になっている。ITOの代替材料として資源が豊富であり、可視光において高い透過率を示し、不純物をドーピングすることで導電性を示す酸化亜鉛(ZnO: Zinc Oxide)が注目され、様々な方法でZnOを用いた透明導電膜が作製されている。

また太陽電池やフラットパネルディスプレイの普及により、用途の多様化が進むと予想され、透明導電膜をフレキシブルで安価なプラスチックなど様々な基板に成膜する研究が行われている。成膜基板の選択性を広げるために、低温での透明導電膜の作製が重要になってくる。そこで本研究では低温での透明導電膜の成膜条件を見つけることを目的とし、パルスレーザ堆積(PLD)法を用いてGaをドーブしたZnO(GZO)薄膜を真空中で室温基板上に成膜した。本発表では室温、真空中で作製した薄膜の評価と真空中で発生させたプラズマプルームの発光分光の結果について報告する。

2. 実験方法

本実験では PLD 法を用いて GZO 薄膜を作製した。チャンバー内の圧力を $9.0 \times 10^{-3} \text{Pa}$ 以下に保持し、GZO ターゲット ($\text{ZnO:95wt\%}$, $\text{Ga}_2\text{O}_3:5\text{wt.}\%$) にレーザ ($\text{Lambda Physik Compex 205}$, $\text{KrF:} \lambda = 248 \text{nm}$, $\text{fluence: } 2 \text{J/cm}^2$) を照射することで、プラズマブルーームを発生させた。発生させたプラズマブルーーム

ムをターゲットに対向した石英ガラス基板に GZ
O 薄膜を作製した。表 1 に成膜条件をまとめて示
す。焦点距離 $f=150\text{mm}$ の平凸石英レンズを用いて
、プラズマプルームの発光像を等倍率でコア径 1
mm の石英ファイバー端面に結像させ、光をファ
イバーによってイメージング分光器(ARC Spectra
Pro-300i)へ導いた。発光スペクトルは分光器に装
着された ICCD カメラ(Princeton Instruments)によ
るマルチチャンネル分光を行った。またプラズマプ
ルームと ICCD カメラの同期はディレイパルスジ
ェネレータ(PG-200)を用いて行った。プラズマプ
ルームの計測位置を図 1 に示す。

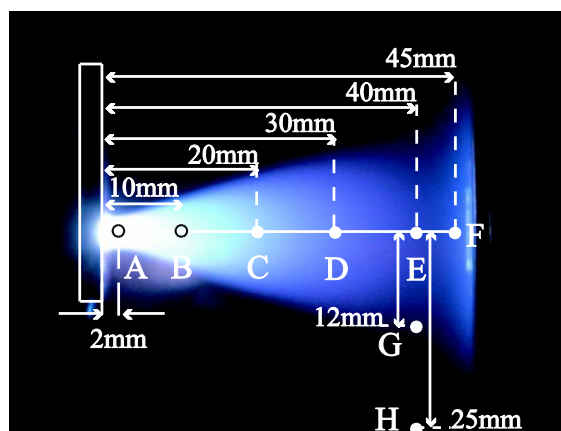


図1 プラズマブルームの発光観測位置

表 1 成膜条件

レーザ	KrFエキシマレーザ 248nm, 10Hz
ターゲット	GZO(ZnO:Ga ₂ O ₃ =95:5 wt.%)
レーザフルエンス	2 J/cm ²
ショット数	9000
容器の内真空度	~10 ⁻³ Pa
基板温度	室温
基板	石英ガラス
ターゲット-基板間 距離	45mm

3. 薄膜の評価

図2に図1の位置E付近、位置Eと位置Gの中間付近、位置G付近で堆積した薄膜をそれぞれ sample I, sample II, sample III とし、これらの透過率を示す。各 sample において透過率が異なっているが、いずれ比較的高い透過率を示している。また各 sample の膜厚は、ほぼ 350nm であった。図3はホール効果測定によって得られた各 sample の抵抗率、キャリア密度、キャリア移動度の比較である。抵抗率は sample II において $6.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 、sample III において $1.7 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ であった。また、sample I, II において抵抗率、キャリア密度、キャリア移動度の値はほぼ等しい値を示し、キャリア密度が $2.03 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ と高い値を示していた。sample I, II においてキャリア密度が高いため可視域での反射が起こり、可視域での透過率が低下したと考えられる。また各 sample の組成比はほぼ等しい値であったことから、今回、違った位置においた基板に堆積した薄膜の透過率、抵抗率が異なる原因として、膜の結晶構造に違いが生じたためと考えられる。

4. 成膜プロセスの観察

図4は位置E, G, HにおけるZnの原子線スペクトルを示している。Znの原子線スペクトル強度は sample I を成膜した位置Eにおいて大きく、sample III の堆積する位置Gでは位置Eと比較して小さい。このことから薄膜を堆積させた位置によってプラズマブルーム中の電子温度、電子密度が大きく異なっていると考えられる。

5. 今後の課題

基板の設置位置による薄膜の透過率、抵抗率の違いは、その結晶構造の違いによるものだと考えられるため、XRDによる結晶構造について調べる予定である。また成膜プロセスを詳しく理解するため、プラズマブルームの電子温度、電子密度や各原子の空間分布について調べる予定である。

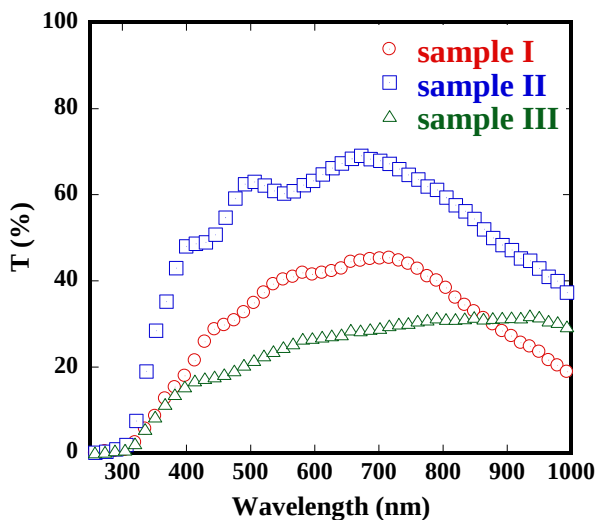


図2 透過率の比較

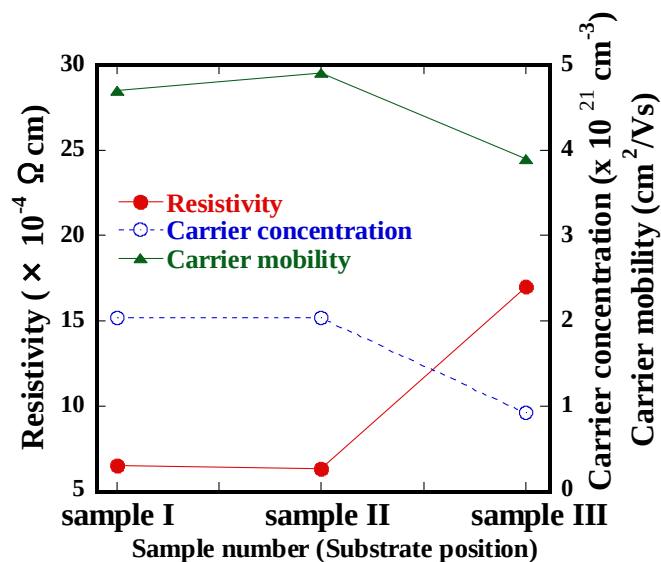


図3 抵抗率、キャリア密度、キャリア移動度

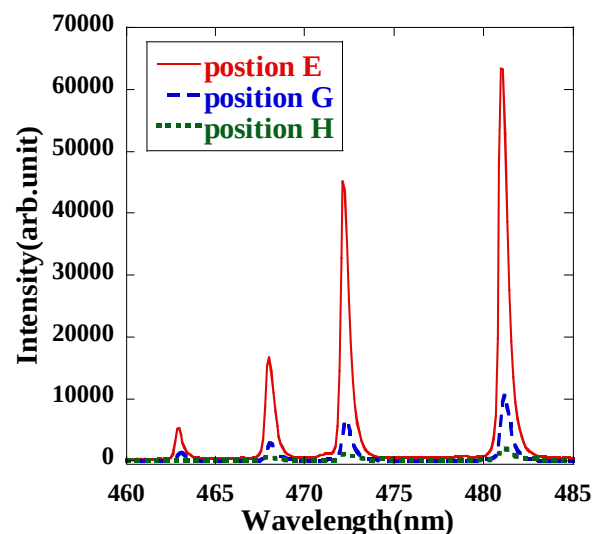


図4 Znの原子線スペクトル