

## ZnO 多結晶薄膜の光導電特性に関する研究

1210136 秦 睦人 (機能性薄工学研究室)

(指導教員 牧野 久雄 教授)

## 1. 研究背景・目的

近年、オゾンホールにより人体への影響が懸念される紫外線に対する関心が高まっている。従来の紫外線センサーは高価なガリウムヒ素 (GaAs) が主だったが、バンドギャップ 3.37eV の ZnO では、紫外線領域のみに感度を持ち可視光カットフィルターが不要となるなどの優位性がある。ZnO 単結晶を用いた紫外線センサーは、ショットキー型と光導電型がある。ショットキー型は電極と ZnO の安定した接触が難しく感度が低い。光導電型では、時間応答速度が遅く、雰囲気中の酸素の影響を受けるという課題がある[1]。ZnO 多結晶薄膜では、Al 膜とプラズマ処理が表面や粒界での脱離や酸素拡散を変化させ、ZnO 透明導電膜の耐熱性を向上させるという報告がある[2]。そこで本研究では、ZnO 多結晶薄膜の光導電特性に対し、Al 膜に保護膜としての機能があるかを検討した。

## 2. 実験方法

ガラス基板上に RF マグネトロンスパッタリング法で膜厚約 200nm の ZnO 薄膜を 300°C で成膜した。約 2nm の Al 膜はスパッタリング法で成膜し、Au 電極は真空蒸着法で成膜した。ZnO 上に Au 電極成膜後 Al 膜を成膜した“Al 膜有 (Au 下)”、Al 膜と電極 Au の成膜順を入れ替えた“Al 膜有 (Au 上)”、Au 電極だけの“Al 膜無”の3つの構造を作製した。光導電特性の評価には、光電流の時間変化測定 (I-t 測定) を行った。照射 UV 光は、波長 375 nm、強度約 1.6mW とした。さらに、プラズマ処理 (Ar プラズマ、9W、5min) 後のサンプルとの比較を行った。

## 3. 実験結果と考察

X 線光電子分光の評価から、成膜した Al 膜は酸化膜になっていることが分かった。構造を変えた 3 種類の光応答を図 1 に示す。図 1(a)に示すように、Al 膜有 (Au 下) の感度が、Al 膜がない場合に比較して約 2 倍以上上昇した。一方、UV 光 ON 時の立ち上がり (b) や UV 光 OFF 時の減衰 (c) を比較すると Al 膜有 (Au 上) のサンプルが最も遅く、Al 膜により立ち上がり

と減衰の時定数が大きくなることが分かった。Ar プラズマ処理後では、感度はプラズマ処理前と同様であったが、UV 光 OFF 時の減衰については、すべてのサンプルにおいて、プラズマ処理前の比較で最も遅かった Al 膜有 (Au 上) と同程度まで遅くなるのが分かった。図 2 に Al 膜有 (Au 上) で UV 光の ON と OFF を繰り返した場合の光電流の時間変化を示す。UV 光を OFF にしても導電性が持続する永続的光導電の特性を示すことが分かった。

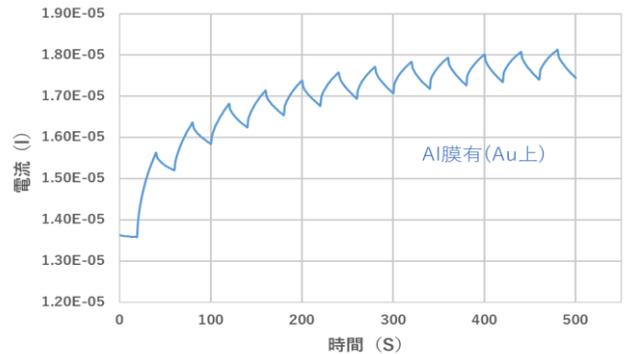


図 2 永続的光導電特性

Al 膜有 (Au 下) の感度が約 2 倍になったのは、Al 膜で表面酸素の影響を抑えることができていると考える。表面に吸着した酸素がキャリアである電子をトラップし、光電流を低下させるが[3]、自然酸化した Al 膜が保護膜として働く可能性がある。しかし、図 1 で感度が変化していない Al 膜有 (Au 上) では、感度が約 2 倍以上に増加した場合もあり、再現性に課題が残った。また、減衰特性が Al 膜有の場合遅く、プラズマ処理後に遅くなったのは、プラズマ処理により酸素空孔の増加または Zn 空孔の不活性化により、図 2 のような永続的光導電の特性が強くなったと考えられる。

## 4. まとめ

本研究により、ZnO 多結晶薄膜の光導電特性に対して、Al 膜には感度を増大させる効果がある可能性が示唆された。しかし、光導電特性の再現性には課題が残り、さらなる検討が必要である。また、Al 成膜やプラズマ処理によって光導電の減衰が遅くなり、永続的光導電特性が顕著になることが分かった。酸素欠陥や Zn 欠陥など、プラズマプロセスによる ZnO 多結晶薄膜中の欠陥状態変化が、光導電特性に強く影響した可能性がある。

## 参考文献

- [1] 鎌田修平、高橋修三、阿部貴美、中川玲、千葉鉄也、中川美智子、柏葉安宏、千葉茂樹、新倉郁生、柏葉安兵衛、大島修三、長田洋、“ZnO 単結晶の光導電特性に関する研究” 計測自動制御学会東北支部第 293 回研究集会 資料番号 293-10
- [2] Dao Thi Hoa “Modification of optoelectrical properties of ZnO based thin films using Ar plasma treatment and post annealing with Al capping layer” March 2020、高知工科大学学位論文
- [3] Linzhi Lu, Xiaotong Jiang, Huiqiong Peng, Dawen Zeng and Changsheng Xie, “Quantitative characterization of the long-term charge storage of a ZnO-based nanorod array film through persistent photoconductance”, RSC Advances 8, p.p.16459-16462 (2018)

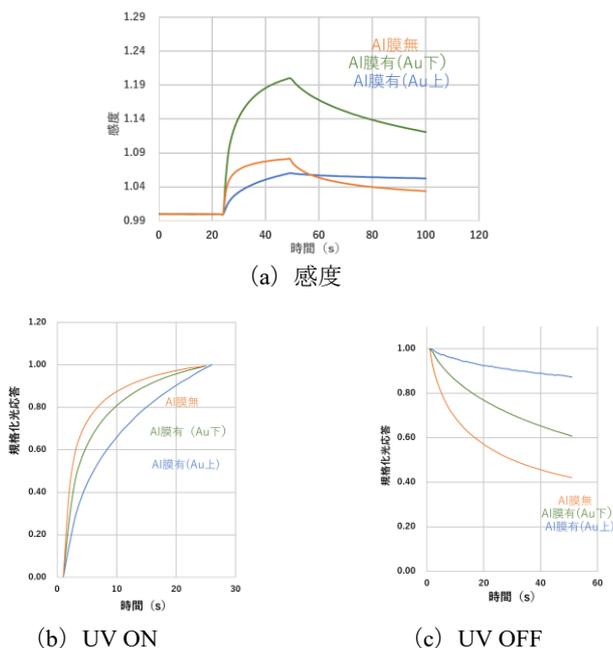


図 1 光応答特性