

## Ga 添加 ZnO 膜のキャリア数のアニール温度変化と結晶欠陥

## Carrier density in Ga-doped ZnO film and related crystalline defects after annealing

島根大理工<sup>1</sup>, 島根大自然<sup>2</sup>, 島根大総理工<sup>3</sup>,○山田 容士<sup>1</sup>, 山田 祐美加<sup>2</sup>, 山本 拓実<sup>3</sup>, 杉浦 怜<sup>3</sup>, 船木 修平<sup>1</sup>Shimane Univ.<sup>1</sup>, °Yamada Yamada<sup>1</sup>, Yumika Yamada<sup>1</sup>, T. Yamamoto<sup>1</sup>, R Sugiura<sup>1</sup>, S. Funaki<sup>1</sup>

E-mail: yamadaya@riko.shimane-u.ac.jp

【はじめに】 ZnO 系透明導電膜は、Al や Ga を添加することで n 型のキャリアを導入するが、キャリア密度は成膜手法や条件に大きく依存する。これは、成膜プロセスの過程で生じるアクセプタ性の結晶欠陥である亜鉛空孔 ( $V_{Zn}$ ) などのキャリア補償欠陥が制御できていないためと考えられる。光学的手段などで直接的に結晶中の欠陥を同定することは、ドナー性の欠陥である格子間亜鉛 ( $Zn_i$ ) や酸素空孔 ( $V_O$ ) も含めて困難である。そこで、プロセス条件と電気特性の関係を慎重に調べることを通して、特性を制御する結晶欠陥の特定とその挙動を明らかにすること目的に、Zn を添加した Ga 添加 ZnO (GZO) 膜のアニールによる電気特性の変化を調べた。

【実験方法】 GZO 膜は RF マグネトロンスパッタリング法により ZnO,  $Ga_2O_3$ , Zn の混合粉末をターゲットとして基板加熱せず成膜した。ターゲット組成は、ZnO :  $0.5Ga_2O_3$  : Zn のモル比を 95 : 5 : 0, および, 90 : 5 : 5 とした。膜結晶の組成を固定するために、膜表面に  $SiO_2$  層を形成した膜も用意した。得られた 4 種類の膜 (GZO, Zn 添加 GZO,  $SiO_2$ /GZO,  $SiO_2$ /Zn 添加 GZO) は、真空中で 30 分のアニールを行い、電気特性のアニール温度に対する変化を測定した。

【実験結果】 図 1 は、4 種類の膜についてのキャリア数のアニール温度依存性を示す。Zn を添加した膜 (Zn 添加 GZO,  $SiO_2$ /Zn 添加 GZO) は、添加しない膜に比べキャリア数が大きく増加しており、Ga の活性化率が見かけ上が大きくなっている。アクセプタ性欠陥  $V_{Zn}$  の観点に立てば、Zn の添加により  $V_{Zn}$  が減少したためと考えることができる。また、 $SiO_2$  層を形成しない GZO 膜と Zn 添加 GZO 膜は、高温アニール後のキャリア数の減少が顕著である。GZO 膜からの Zn の脱離によると考えられる。一方、 $SiO_2$ /Zn 添加 GZO 膜においても、高温アニール後にかなりのキャリア密度の減少がみられる。 $SiO_2$  層の存在により GZO 膜の組成変化は生じないと考えられるので、高温では熱平衡状態として生成する結晶欠陥が関与していることを示唆している。移動度は、キャリア数の大小や変化挙動に関係なく、高温アニールにより増加していたことより、高温において粒界散乱が低下するように粒界構造が変化したと考えられる。

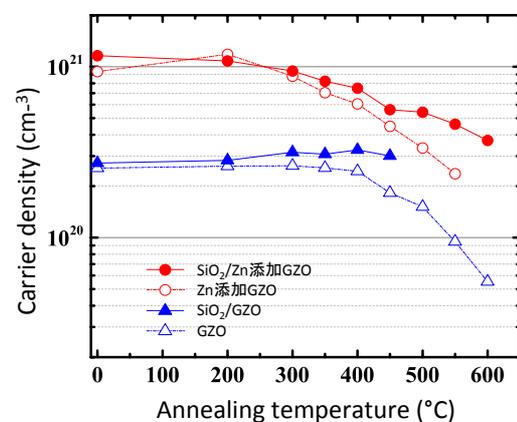


Fig. 1 Carrier density of GZO films with and without Zn addition as a function of annealing temperature.