

ZnO/Ga 添加 ZnO (GZO) 多層膜構造 における高移動度透明導電膜の研究

高知工科大学システム工学群電子系光エレクトロニクス専攻
牧野研究室 1170070 清水寛之

1. 研究の背景

ZnO 透明導電膜は、Al や Ga などのドーピングによりキャリア濃度を増加させ、低抵抗率を実現している。しかし、イオン化不純物散乱のために移動度が減少し、低抵抗化に限界がある。一方で、ZnO と GZO の界面においてイオン化不純物散乱が減少し、GZO 極薄膜化により移動度が極端に増大するという単結晶膜の報告がある[1]。本研究では、この ZnO と GZO の界面での効果を利用するために、ZnO/GZO 多層膜構造をスパッタ法により作製し、移動度の向上を目指す。ZnO/GZO 多層膜構造を構築するために、ZnO 層の検討、GZO 層の検討、多層膜構造の作製の順で研究を行った。

2. ZnO 層の検討

RF マグネトロンスパッタ法で成膜した膜厚 200nm の単層 ZnO では、原子間力顕微鏡により表面平均粗さ Ra : 4.4 nm という粗さが確認された。そこで表面平坦性の高いイオンプレーティング法による Zn 極性 ZnO バッファ層の挿入効果を検討した。その結果、表面平均粗さが Ra : 1.6 nm と平坦性が向上するとともに、移動度が約 2 倍に増大した。フォトルミネッセンスによる評価では欠陥や不純物に起因すると考えられる深い準位の発光の抑制が確認された。また、X 線回折測定から結晶構造には大きな違いはなく、バッファ層なしの単層 ZnO は O 極性、バッファ層を挿入した ZnO は Zn 極性であることが X 線光電子分光法により確認された。極性の違いが欠陥や不純物を抑制し、移動度が向上したと考察した。

3. GZO 層の検討

次に、バッファ層の挿入により移動度が向上した ZnO 層上での GZO 膜の電気特性を検討した。膜厚を 2~100nm で変化させたときの移動度とキャリア濃度の膜厚依存性を図 1 に示す。図 1 のようにキャリア濃度はほぼ一定であるが、GZO の極薄膜化によって移動度が 2~10nm 付近で劇的に増加した。これはイオン化不純物散乱の寄与が少ない界面で

の効果が極薄膜化によって顕著となったと考えられる。また、移動度の劇的な増加により抵抗率は単調に減少し、スパッタ法による多結晶 GZO 膜においても極薄膜化による高移動度とそれに伴う低抵抗化が実現できた。

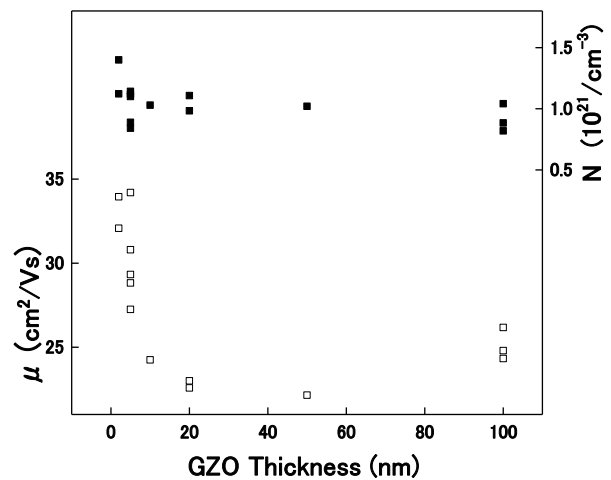


図 1 ZnO 上 GZO 膜の移動度 μ とキャリア濃度 N の膜厚依存性

4. 多層膜構造の作製

最後に、ZnO/GZO 多層膜構造を膜厚 2 nm と 5nm で 10 周期積層し、キャリア輸送層が GZO 層であると考え、積層した GZO 層の総膜厚と同じ膜厚の単層 GZO の電気特性を比較した。積層膜は単層膜に比べて移動度が増加したが、キャリア濃度の低下により抵抗率が増加してしまっただ。このキャリア濃度が低下する要因を検討したが、明らかな確証をつかむことができなかった。现阶段では、積層成膜プロセス上に課題があると考えている。

5. まとめ

本研究では、Zn 極性 ZnO バッファ層の挿入による ZnO 膜の移動度の向上と多結晶 GZO 膜の極薄膜化による高移動度が実現された。多層膜構造では移動度の向上は確認されたが、キャリア濃度の低下により抵抗率が増加することがわかった。

参考文献

[1] D.C.Look.et al. Appl.Phys.Lett. 106. 152102 (2015)