

2-4 TFTの分析評価（高知工科大学 谷脇研究室）

テーマ概要

GaN、ZnOをはじめとするワイドギャップ化合物半導体に対してイオン注入法を試み、点欠陥の挙動にもとづいて、欠陥形成・回復を明らかにし、ドーピング法としての技術的確立をめざす。さらにイオン照射を利用した表面微細構造形成法の可能性を探る。具体的な研究項目は下記の通りである。

- 1) イオン注入による微細構造形成の可能性の検討
- 2) 微細構造形成技術の確立
- 3) イオン注入によって形成される欠陥の解析
- 4) 格子欠陥回復過程の解明と、イオン注入技術の確立

フェーズ

1) イオン注入による微細構造形成の可能性の検討と、2) 微細構造形成技術の確立について研究を進めた。

セル状構造形成は点欠陥の移動に支配されているはずである。ならば点欠陥の量と移動度を変えたとき、構造とその成長は変化するはずである。そこで、注入量を変えることによって点欠陥量を変え、サンプル温度を変えることによって移動度を変え、構造およびその成長にどのように影響を与えるのか調べた。セル状構造の深さは注入量増加（すなわち点欠陥量の増加）とともに大きくなり、その形状は基板温度（点欠陥特に原子空孔の移動度）の変化により強く影響を受けている。注目すべき新しい知見として、セル状構造の初期構造がボイド形成であること、非晶質化とともにその深さ方向への急激な成長が生じることがあげられる。以上の実験結果より、形成モデルを改良した。この自己組織化的挙動を、ナノファブ리케이션に応用することを図った。形成するナノ構造に規則性を与えるために、次のような工程を考えた。まず、規則的初期構造を与え（トップダウン）、それを成長させる（ボトムアップ）。実験的手法としてFIBを利用した工程を考えた。FIB照射によってまずボイドを規則的に配列する。その後温度を制御したイオン照射によって構造を発達させる。3通りの試みを行なった。最初の例は初期構造の配列を一定間隔にして、ドーズ量を変えたものである。次の例は、ドーズ量一定にして、間隔を変えたものである。以上は、初期構造作製、構造の発達、いずれの工程も室温で行なっている。最後の例は室温で初期構造をつくり、それを低温で発達させたものである。これらの試行より以下の結論を得た。

- ・ 間隔 100 nm 以上の規則的セル構造が形成できる。
- ・ 30kVGa⁺を使って初期構造をつくる場合、1 スポットあたりのイオン量は 10⁵ イオン以上が必要である。
- ・ 2 次構造の形成により、規則構造が壊される。

フェーズ

上述の研究項目 3)、4) に加え、Ga 添加 ZnO 薄膜の電子顕微鏡解析を行なった。

ZnO の Sn 照射挙動：主として透過電子顕微鏡観察（TEM）により以下の結果を得た。

- ・ 注入量が 1.6×10^{15} ions/cm²（～150 K）のサンプルでイオン飛程の約 4 倍（80 nm）のアモルファス層が観察された。
- ・ 元素分析の結果表面で O-rich が確認された。これは Zn vacancy より O vacancy のほうが弾き出されやすいことによると考えられる。

- ・元素分析およびホール係数測定を行なって有意義な知見を得た。

ZnO の Fe 照射については、TEM およびメスバウアー効果によって以下の結論を得た。

- ・ ZnO 中に注入された Fe は 2 価あるいは 3 価をとる
- ・ Fe 微粒子の析出は観察されない
- ・ 注入層は、常磁性（あるいは反磁性）を示す
- ・ Zn と O の濃度反転はみられない
- ・ 高注入量でも非晶質化しない

Ga 添加 ZnO 薄膜

- ・ 弱い extra spot は観察されるので、Ga の析出が否定できない。
- ・ 流量の異なるサンプルの粒径を評価したが、薄膜作成時の流量と結晶粒の大きさには、おおむね相関がある。
- ・ 粒径と移動度は完全に対応している。

今後の展開

微細構造作製技術の確立については、通常の実験室的な実験としてはほぼ完了しており、実証実験に進む段階にきている。

薄膜の TEM 解析については、本研究をプロセス改良へとフィードバックしてほしい。

2-5 TFT の分析評価（高知工科大学 河東田研究室）

テーマ概要

TFT 用多結晶 ZnO 薄膜を分析評価し、高性能の TFT を実現するための指針を得る。

フェーズ

多結晶 ZnO は複雑な系であるため、基準となる単結晶 ZnO について、分析評価し、主に構造欠陥に関し、重要な知見を得た。

フェーズ

多結晶 ZnO 薄膜を分析評価し、作製プロセスや構造が特性に及ぼす基本的効果を明らかにした。

今後の展開

より実用的な TFT 用多結晶 ZnO 薄膜について、TFT 特性との関連を明確にする。

その他

ZnO のような新素材を実用化する上で、材料特性の解明がいかに重要であるか、あらためて認識できる結果が得られた。