

研究成果（小テーマにつき2ページ以内でまとめてください）

<p>サブテーマ名：2 TFTの分析評価及びSiGe-TFT技術の開発 小テーマ名：2-4 TFTの分析評価</p>
<p>サブテマリーダー（所属、役職、氏名） 高知工科大学 総合研究所 教授 山本 直樹 研究従事者（所属、役職、氏名） 高知工科大学 物質・環境システム工学科 教授 谷脇 雅文</p>
<p>研究の概要、新規性及び目標</p> <p>研究の概要 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、点欠陥の挙動に基づいて、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</p> <p>研究の独自性・新規性 ・微細構造技術形成法に関しては、国内外でまったくオリジナルな技術であること。 ・ZnOやGaNにおけるイオン注入法が世界的にもほとんど試みられていないこと。 ・透過電子顕微鏡による解析は、直接薄膜の構造を評価できること。</p> <p>研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に）</p> <p>フェーズ FIB（集束イオンビーム）によって、ワイドギャップ半導体表面に微細構造形成を試みる。評価はFIBおよびSEM（走査型電子顕微鏡）による。</p> <p>フェーズ (1) イオン注入は、半導体ドーピング技術として欠かせない。このとき、高エネルギーイオン照射によって形成される格子欠陥の制御が問題となる。ワイドギャップ半導体の場合、イオン照射によって形成される欠陥の種類、挙動については不明であり、この点を明らかにすることが、pn接合を作製する重要な課題であり、これに取り組む。具体的にはZnOに関してイオン照射と電気物性の関連を明確にする。 (2) 薄膜 ZnO（透明導電膜グループ作製のもの）を構造解析し、作製条件および電気物性との関係を明らかにする。 (3) 他の化合物半導体のイオン照射挙動と対応することで、化合物半導体一般の現象と、ZnOあるいは固有な現象を分類する。</p>
<p>研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して）</p> <p>フェーズ FIB（集束イオンビーム）によって、ワイドギャップ半導体表面に微細構造形成を試みる。評価はFIBおよびSEM（走査型電子顕微鏡）による。</p> <p>フェーズ (1) ZnO にイオン照射したサンプルを作製（注入量、基板温度を変える）し、SEM 解析、TEM 解析、電気物性解析を行ない、イオン照射と構造変化、電気物性変化の関係を明確にする。 (2) 断面 TEM、平面 TEM を併用し、薄膜の構造を三次元的に解析する。そして構造と、作製条件および電気的特性との関係を明瞭にする。 (3) 本研究者は独自に要素半導体、および化合物半導体のイオン照射研究を行なっている。このプロジェクトの結果をこれらとともに検討し、半導体イオン照射挙動の全容の解明に寄与する。 フェーズ およびフェーズ の(1)(2)に関してはほぼ完遂、(3)については、課題として残った。</p>
<p>主な成果</p> <p>フェーズ 注目すべき新しい知見として、セル状構造の初期構造がポ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）。実験室的手法として FIB を利用した工程を考えた。FIB 照射によってまずポ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</p>

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。

1. 間隔 100 nm 以上の規則的セル構造が形成できる。
2. 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。
3. 2 次構造の形成により、規則構造が壊される。基板温度は重要なパラメータである。

フェーズ

Sn イオン注入に関する成果

1) 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。2) 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 の方が弾き出されやすいことによると考えられる。3) 元素分析およびホール係数測定を行なった。

Fe イオン注入に関する成果

1) ZnO 中に注入された Fe は 2 価あるいは 3 価をとる。2) Fe 微粒子の析出は観察されない。3) 注入層は、常磁性 (あるいは反磁性) を示す。4) Zn と O の濃度反転はみられない。5) 高注入量でも非晶質化しない。

ZnO-Ga 薄膜に関する成果

1) 弱い extra spot は観察されるので、Ga の析出が否定できない。2) 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。3) 粒径と移動度は完全に対応している。

特許件数：0件 査読論文数：0件 口頭発表件数：2件

研究成果に関する評価

1. 国内外における水準との対比

微細構造関係の成果は、世界に例をみない。ZnOイオン注入現象に関してもオリジナルな成果を出した。

2. 実用化に向けた波及効果

微細構造形成法に関しては十分可能である。FIBの新しい応用としても有望である。

残された課題と対応方針について

	J S T 負担分 (千円)							地域負担分 (千円)							合計
	H 14	H 15	H 16	H 17	H 18	H 19	小計	H 14	H 15	H 16	H 17	H 18	H 19	小計	
人件費	-	-	0	0	0	0	0	-	-	2,200	4,450	2,200	1,650	10,500	10,500
設備費	-	-	0	0	0	0	0	-	-	911	0	3,040	0	3,951	3,951
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	-	-	0	0	0	0	0	-	-	1,684	3,250	750	2,097	7,781	7,781
旅費	-	-	0	0	0	0	0	-	-	405	0	1,200	795	2,400	2,400
その他	-	-	0	0	0	0	0	-	-	0	0	10	108	118	118
小 計	-	-	0	0	0	0	0	-	-	5,200	7,700	7,200	4,650	24,750	24,750

代表的な設備名と仕様 [既存 (事業開始前) の設備含む]

J S T 負担による設備：

地域負担による設備：

複数の研究課題に共通した経費については按分する。