

## 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）

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：2-3 TFTの分析評価
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 電子・光システム工学科 教授 成沢 忠 高知工科大学大学院 工学研究科 大学院生 根引 拓也 高知工科大学大学院 工学研究科 大学院生 高繁 夢二
研究の概要、新規性及び目標 研究の概要 高エネルギーイオン散乱法を用いて、TFTの活性層材料として使われるZnO（酸化亜鉛）薄膜の分析を行ない、ZnO-TFTの特性向上につなげる。 ZnO薄膜はRFスパッタリング法で成膜されるが、成膜時の各種条件とその時できた薄膜の分析結果を照合し、最適な成膜条件を探る。 また、薄膜とガラス基板あるいはオーバーレイヤー（金属）との界面反応を詳しく観察し、相互拡散の有無や熱的安定性について実用的な知見を得る。 さらに、イオンインプラネーションによってインジウム（In）を導入した単結晶ZnOについて、欠陥の生成と熱処理による結晶性の回復の様子を調べる。 研究の独自性・新規性 ZnO薄膜および単結晶と絶縁膜や金属との界面に関する研究は多くない。特に薄膜の成膜条件とその結果できた薄膜の特性を関連づける研究は少ない。本研究では、高エネルギーイオン散乱法で精密に評価できる薄膜密度に着目し、密度と成膜条件およびその後の熱処理条件との対比を詳しく調べている。この種の基礎的研究は他にない。 ZnO薄膜あるいは単結晶と絶縁膜や金属との界面反応やイオンインプラネーションによる不純物導入に関しては、実用上きわめて重要な課題であるにも拘わらず、先行する系統的な研究はほとんど見られない。 研究の目標（フェーズ毎に数値目標等をあげ、具体的に） フェーズ：イオン散乱に関するデータ収集、効率の良いイオン散乱室の設計および試作、各種薄膜サンプルの評価試験 フェーズ：各種薄膜サンプルの評価試験、他の手法による評価、単結晶での欠陥評価
研究の進め方及び進捗状況（目標と対比して） コア研究室の成膜グループに高繁が加わって、系統的なサンプルを成膜し、それを持ち帰って評価試験を行なう、という形で研究を進めた。ほぼ順調に進捗したが、19年度に入ってから、イオンビーム加速器の故障で評価実験が進捗しなかった。したがって、フェーズの目標のうちいくつかは今後の課題として残されている。
主な成果 RFスパッタリング法で成膜したZnO薄膜の界面状態と薄膜密度を求めた。イオン散乱：RBS（ラザフォード後方散乱法）で確認する限り、ZnO薄膜と基板との界面において、厚さ20 nmを越える相互拡散は確認されなかった。基板をガラス、CVDによって成膜したSiO <sub>2</sub> 膜などと変化させても、成膜時の投入電力を種々変化させても界面に相互拡散を起こす条件は確認されなかった。したがって、薄膜/基板界面は極めて安定と結論できる。一方で、薄膜密度は単結晶のZnOと比べ低く、しかも成膜条件や基板材料の違いに依存する結果が得られた。たとえば、成膜時の投入RF電力の上昇に従い密度は上昇する。これらの結果から、薄膜内には結晶粒界や微小空孔が多く存在すること、さらに薄膜中の応力と密度が関連していることが考えられる。 また、ZnO単結晶と金属Tiとの界面では、熱処理温度が400 を越えると反応が始まり、激しい相互拡散とそれに伴う結晶欠陥の導入が確認された。Inをインプラントした単結晶では、表面近くに大きな欠陥が導入され、それは1000 までアニールしても完全には除去されないことが確認された。 特許件数：0件 査読論文数：1件（透明導電膜Grとの共著。2件準備中） 口頭発表件数：4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  
 他では実用化に直結した研究が大部分であって、本研究のようにZnOの薄膜あるいは単結晶に関して基礎的な事項を明らかにしようとする研究は少ない。本研究の意義はそこにある。

2. 実用化に向けた波及効果  
 本研究は基礎研究であるから、すぐに実用化に役立つ成果は望めないが、新しい半導体材料として登場したZnOという材料にとっては是非とも必要な研究である。それはSiの開発の歴史を見れば明らかである。ZnOの実用化が今後大きく成長していくときに、本研究の成果が波及していくものと期待する。

残された課題と対応方針について

長らく故障中であったイオンビーム加速器もやっと復旧の見通しがついて来たので、成膜条件による膜質変化等に関しては今後その都度測定を行なっていく。インプラントーションに伴う単結晶基板への欠陥導入とそのアニールによる回復については今後も研究を継続する。薄膜の電気的、光学的特性の評価には手が付けられなかったが、今後も成膜グループと協力して進展させる。

	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	2,200	2,437	1,972	8,809	8,809
設備費	-	-	0	0	0	0	0	-	-	1,399	0	2,782	1,890	6,071	6,071
その他研究費 (消耗品費、 材料費等)	-	-	0	0	0	0	0	-	-	2,461	3,396	228	690	6,775	6,775
旅費	-	-	0	0	0	0	0	-	-	540	0	71	220	831	831
その他	-	-	0	0	0	0	0	-	-	0	0	6	1	7	7
小 計	-	-	0	0	0	0	0	-	-	6,600	5,596	5,524	4,773	22,493	22,493

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。