

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	AIScNチャネルトランジスタのコンタクト抵抗低減に関する研究
Title(English)	A Study on Low Resistance Ohmic Contact for AIScN Channel MOSFET
著者(和文)	片岡淳司
Author(English)	Junji Kataoka
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11927号, 授与年月日:2021年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:角嶋 邦之,筒井 一生,若林 整,渡辺 正裕,飯野 裕明,岩井 洋
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11927号, Conferred date:2021/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	片岡 淳司	
論文審査 審査員		氏名	職名		
	主査	角嶋 邦之	准教授	飯野 裕明	准教授
	審査員	筒井 一生	教授	岩井 洋	名誉教授
		若林 整	教授		
		渡辺 雅裕	准教授		

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“A Study on Low Resistance Ohmic Contact for AlScN Channel MOSFET” (邦題: AlScN チャンネル MOSFET の低抵抗コンタクトに関する研究)と題し、英文 6 章より構成されている。

第 1 章「Introduction」では薄膜トランジスタ(thin-film transistors, TFT)の現状を述べ、継続的な多ピクセル化と高速動作化に向けてディスプレイに要求される低消費電力技術について紹介している。さらに、強誘電半導体によるメモリ機能を有するトランジスタについて紹介をしており、メモリ機能と CMOS 構成が可能である点から次世代 TFT 材料として強誘電半導体である $Al_{1-x}Sc_xN$ 膜が有望である点を示している。その上で AlScN チャンネルトランジスタ動作実証に必要な研究要素を紹介し、本論文ではその中で金属と AlScN のコンタクト抵抗を低減する技術を示すことが目的であると定義している。また、コンタクト抵抗を下げるためには、ショットキー障壁の低下、およびドーピング濃度の増加が研究要素であると示され、この指針に基づいた本論文の構成を説明している。

第 2 章「Experimental methods」では、本論文内の実験で用いた物理的な解析、および電気的な解析手法について説明している。

第 3 章「Extraction of band alignment at $Al_{1-x}Sc_xN$ /metal interface」では $Al_{1-x}Sc_xN$ /metal 界面のショットキー障壁の評価を行っている。まず $Al_{0.78}Sc_{0.22}N$ 膜のキャパシタの作製方法を示しており、そのリーク電流解析結果を議論している。リーク電流はショットキー伝導で説明でき、最初の強誘電分極スイッチングによってショットキー障壁値が 0.46eV から 0.36eV に変化することを見出している。また、実効リチャードソン定数は理論値と比較して 10^{-7} 倍も小さく、これは $Al_{0.78}Sc_{0.22}N$ /metal 界面にトンネル障壁が存在することで解釈し、 $10^{19}cm^{-3}$ 程度の N 欠陥が界面 3nm 程度の領域に形成されていると推測している。なお、断面電子顕微鏡像からも同様の領域のコントラストを確認している。以上より低抵抗コンタクトを得るためには、界面の N 欠陥をさらに導入しショットキー障壁を下げることで有効であると結論づけている。

第 4 章「Demonstration of n-type conduction of $Al_{1-x}Sc_xN$ by Si doping」では、 $Al_{0.78}Sc_{0.22}N$ を n 型化するために Si 原子を導入することを検討している。導入にはイオン注入法、および AlScSi ターゲットを用いたスパッタリングの 2 種類を検討し、どちらも $800^{\circ}C$ 以上の熱処理温度でオーミック伝導を取得している。イオン注入法では注入ダメージが少ないことが示され、AlN と同様の特徴を有していることが説明されている。また、 $2 \times 10^{15}/cm^2$ の Si ドーズ量で電子濃度 $8.9 \times 10^{18}cm^{-3}$ 、および $8.6cm^2/Vs$ の移動度を示している。得られたキャリア濃度と前章のショットキー障壁値を用いると、 $10^{-5}\Omega cm^2$ 台のコンタクト抵抗を実現でき、次世代の TFT として要求されるコンタクト抵抗が得られると報告している。

第 5 章「Sheet resistance instability of Si doped- $Al_{1-x}Sc_xN$ films」では、熱処理後の経過時間によって $Al_{0.78}Sc_{0.22}N$ 膜のシート抵抗が最初より 2 桁程度まで上昇することを示し、熱処理によって元の低抵抗状態に戻ることを示している。この原因を表面へのガスの吸着であると示し、複数のガス中の吸着実験から H_3O^+ を含む水分の影響であると特定している。このシート抵抗変化を $Al_{0.78}Sc_{0.22}N$ 膜下面から形成される空乏層によって説明するモデルを構築している。

第 6 章「Conclusions」では、本論文で得られた結論をまとめると共に、 $Al_{1-x}Sc_xN$ 膜を用いた TFT 応用に向けて明らかにすべき物性や、必要となる性能、プロセス試作上要求される要素研究を示している。

以上を要するに本論文は強誘電半導体膜 $Al_{1-x}Sc_xN$ 膜の CMOS-TFT 応用に向けた低抵抗コンタクト形成技術を議論しており、工学上並びに工業上寄与するところが大きい。よって我々は本論文が博士(工学)の学位論文として十分価値があると認める。