

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	A study on Semiconductor Interfaces with Rare Earth Oxide and Ni Silicides for High Performance InGaAs MOSFETs
著者(和文)	ザデハサン ダリユーシ
Author(English)	DARYOUSH ZADEH
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9315号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:若井 洋,名取 研二,片岡 好則,筒井 一生,若林 整,大見 俊一郎,角嶋 邦之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9315号, Conferred date:2013/9/25, 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

(博士課程)

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		Daryoush Hassan Zadeh	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名
	主査	岩井 洋	教授	審査員	若林 整	教授
	審査員	名取 研二	特任教授		大見 俊一郎	准教授
		片岡 好則	特任教授		角嶋 邦之	准教授
		筒井 一生	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“A Study on Semiconductor Interfaces with Rare Earth Oxides and Ni Silicides for High Performance InGaAs MOSFETs” (邦題「高性能 InGaAs MOSFET の為の半導体と希土類酸化物の界面及び半導体と Ni シリサイドの界面の研究」) と題し、英文 8 章で構成されている。

第 1 章“Introduction”では、CMOS のスケーリングに伴い、MOSFET のチャネル材料を従来の Si から III-V 族半導体などのより高いキャリア移動度を有する新たな材料に代えることが望ましいことを記述している。新チャネル材料の選択では、移動度が高く、Si 結晶基板との格子不整合が比較的小さい InGaAs を用いることが好ましいことを記述している。

第 2 章“Current Status and Issues of III-V MOS Devices”では InGaAs デバイスの現状と問題点について述べている。特に MOSFET の動作にもっとも影響するゲート絶縁膜と InGaAs 界面及びソース・ドレイン金属と InGaAs 界面制御の課題を説明している。そして、本研究の目的は、InGaAs 上でのこれらの界面物理を明らかにし最適な界面を構築する事であると述べている。

第 3 章“Fabrication and Characterization”では、本研究を通して用いた試料作製プロセス及び評価手法について記述している。Metal/High-k/InGaAs-MOS キャパシタ及び MOSFET の詳細な作製工程、作製装置を説明し、とりわけ InGaAs の界面評価における理想 C-V(電気容量-電圧)特性のモデルについて述べている。

第 4 章“Gate Stack Engineering for InGaAs-based MOS Capacitors with HfO₂ Gate Dielectrics”では、InGaAs 上に HfO₂ を堆積し、堆積温度を上げる事で基板のトラップを抑制できる事を明らかにしている。III-V 族半導体の C-V 特性では周波数分散が見られ、解析の結果から基板内の伝導帯付近に欠陥準位が存在し、伝導帯に存在する電子と応答するモデルを構築することができたことを述

べている。更に、基板を構成する組成比を変化させない絶縁膜材料とプロセスが必要であることを述べている。

第5章“Gate Stack Engineering for InGaAs-based MOS Capacitors with La_2O_3 Gate Dielectrics”では、材料としての La_2O_3 の性質を HfO_2 と比較している。 La_2O_3 は InGaAs 基板と界面反応が大きく HfO_2 と異なり、InGaAs 基板の熱処理によって基板が酸化されそこへ La 原子が溶け込み、 LaInGaO を主成分とする界面層が形成される。しかし、界面特性を改善するには LaInGaO 界面層の組成と膜厚を厳密に制御するプロセスが必要であり、その界面制御手法を検討している。界面反応を利用して界面に形成される LaInGaO の膜厚や組成を精密に制御した結果、InGaAs を用いた場合界面準位密度を世界最小レベルの 10^{11}cm^{-2} 台半ばまで低減できることを示している。

第6章“Technologies for 3D Structure InGaAs-based Devices”では、立体構造トランジスタ作製に不可欠な原子層堆積法(Atomic Layer Deposition: ALD)による La_2O_3 の成膜と評価を行った結果を示している。ALD プロセスの化学的な反応を利用することで良好な界面特性が実現できる事を明らかにしている。また、ソース・ドレイン金属と InGaAs 界面の研究を行い、InGaAs 基板と反応せず合金を形成しない、耐熱性に優れた $\text{NiSi}_2/\text{InGaAs}$ のコンタクトを実現している。

第7章“InGaAs-based MOSFET with La_2O_3 as Gate Dielectric”では、前章までに得られた結果を基に、 La_2O_3 ゲート絶縁膜と金属コンタクトを用いた MOSFET の作製と評価を行っている。正常なトランジスタ動作を確認し、広く研究されている Al_2O_3 , HfO_2 ゲート絶縁膜と比較して小さい CET(Capacitance Equivalent Thickness:電気容量換算膜厚)で高い実効電子移動度を有するトランジスタ動作を示している。

第8章“Summary and Conclusions”では、本研究で得られた結果を纏め、 La_2O_3 ゲート絶縁膜を用いた InGaAs MOS デバイスの界面制御に必要なデバイスプロセス技術を提案し、設計指針を記述している。また、今後の InGaAs MOS デバイス技術の課題や展望についても明らかにしている。

以上を要するに、本論文は、今後の InGaAs MOSFET を実現するために、低い界面準位と熱安定性を有しかつ微細化可能な La_2O_3 ゲート絶縁膜の研究を行い、界面反応による LaInGaO 界面層の形成、ゲート電極選択による耐熱性向上と界面制御、La-Silicate 界面層による EOT スケーリングの優位性、立体構造トランジスタのための ALD プロセスと金属コンタクトなどに関する多くの知見を述べたものであり、工学上、工業上、貢献することが大きい。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あるものと認める。