

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	La-silicateゲート絶縁膜の薄膜化を可能とする微結晶金属ゲート電極の研究
Title(English)	A Study on Metal Gate Electrodes with Nano-Sized Grains for Scalable La-silicate Gate Dielectrics
著者(和文)	KAMALE TUOKEDAERHAN
Author(English)	KAMALE TUOKEDAERHAN
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9536号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岩井 洋,名取 研二,片岡 好則,筒井 一生,若林 整,杉井 信之,西山 彰,角嶋 邦之,Yi Shi,Liu Ming
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9536号, Conferred date:2014/3/26, 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	Kamale Tuokedaerhan		
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	岩井 洋	教授	審査員	杉井 信之	連携教授
	審査員	名取 研二	特任教授		西山 彰	連携教授
		片岡 好則	特任教授		角嶋 邦之	准教授
		筒井 一生	教授		Dong Zhen-Chao	教授(学外)
		若林 整	教授		大毛利 健治	准教授(学外)

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“A Study on Metal Gate Electrodes with Nano-Sized Grains for Scalable La-silicate Gate Dielectrics” (日本語「La-silicate ゲート絶縁膜の薄膜化を可能とする微結晶金属ゲート電極の研究」) と題し、英文 6 章で構成されている。

第 1 章“Introduction”では、MOSFET の高性能化には高誘電率ゲート絶縁膜(high-k)が直接 Si 基板に接合する構造が必要であることを述べ、界面特性や誘電率、バンドギャップの値から La-silicate 膜が有望であることを述べている。また、等価酸化膜厚 (equivalent oxide thickness: EOT)の薄膜化スケールに伴う界面準位密度増大と移動度劣化が課題であることを述べ、その要因が金属ゲート電極にあることを指摘している。La-silicate 膜に適した金属電極材料の性能要求を示し、タングステンカーバイド(W₂C)電極が適していることを説明し、本論文の目的は La-silicate ゲート絶縁膜の薄膜化を可能とする金属電極材料の選択指針の明確化であることを記述している。

第 2 章“Device fabrication process and characterization method”では、試料作製方法及びそれを用いたプロセス装置及び作製した試料の評価手法を記述している。

第 3 章“Metal carbides for gate electrodes application”では、薄膜金属カーバイド膜の組成比制御が容易で、低温で形成可能な新しい成膜方法として積層スパッタ法について記述している。抵抗率と X 線回折から TiC 膜や TaC 膜の特性について述べ、特に W₂C 膜では La-silicate 膜に適した熱処理温度領域において、粒径が 1.9nm の配向した微結晶膜が得られることからゲート電極材料として適していることを示している。

第 4 章“Electrical properties of La-silicate high-k with tungsten carbide gate electrodes”では、薄膜化可能な La-silicate ゲート絶縁膜の金属電極として W₂C 電極の優位性を W 電極との比較を通じて論じている。W₂C 電極を使用することにより、界面準位密度が大きく低減され、移動度が改善されることが述べられている。また、W₂C 電極と La-silicate 膜、および La-silicate 膜と Si 基板の界面が原子レベルで平坦であることを示し、これが La-silicate 形成の熱処理時に金属電極から印加される不均一な応力が微結晶電極によって均一化されたことに起因することを述べている。

第5章“Reliability of La-silicate high-k with tungsten carbide gate electrodes”では、 W_2C 電極を用いた La-silicate ゲート絶縁膜のデバイスは、低い界面準位密度と平坦な界面による電界集中の抑制から高い信頼性が得られることを記述している。

第6章“Conclusion”では、本研究で得られた結果をまとめ、La-silicate ゲート絶縁膜の薄膜化を可能とするための金属電極の材料選択指針を示している。また、今後の La-silicate ゲート絶縁膜の課題や展望について明らかにしている。

以上を要するに、本論文は、La-silicate ゲート絶縁膜の薄膜化に伴う特性劣化を解決するために金属電極材料の研究を行い、La-silicate 膜に適した新しいカーバイド膜形成プロセスの構築、配向性の高い微結晶膜の作製、不均一応力の解消による原子レベルで平坦な界面の実現など、多くの知見を述べたものであり、工学上及び、工業上、貢献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あるものと認める。