T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	SiC MOSFET用の希土類ゲート絶縁膜に関する研究
Title(English)	A Study on Rare Earth Gate Dielectrics for SiC MOSFET
著者(和文)	宋禎漢
Author(English)	Jinhan Song
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11929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,喜多 浩之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11929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

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

（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		宋 禎漢	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	角嶋　邦之	准教授	審査員	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		喜多　浩之	東京大学 准教授
		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 Rare Earth Gate Dielectrics for SiC MOSFET” (邦題: SiC MOSFET 用の希土類ゲート絶縁膜に関する研究)と題し、英文 7 章より構成されている。

第 1 章「Introduction」では高効率電力変換が期待される SiC 半導体の紹介と SiC デバイスの絶縁膜の課題について述べており、熱酸化によるゲート絶縁膜形成では、移動度の劣化と意図しない負方向へのしきい値のシフトが課題であることを指摘している。また、ゲート絶縁膜を形成するにあたり表面酸化を抑制する手法、あるいはラジカル種による表面酸化手法が期待できる可能性があるとし、本論文の目的は希土類酸化物の機能を利用して実験的に移動度改善、正方向へのしきい値シフトを実現するガイドラインを示すことであるとしている。また、材料選択の結果、表面酸化抑制には Y-silicate 膜、ラジカル種による酸化は CeOx 膜が適していると述べている。

第 2 章「Fabrication and characterization methods」では本論文で用いた実験手法、およびデバイス試作手法、電気特性解析手法について述べている。

第 3 章「Atomic layer deposition by Ar multiple boost injection」では原子層堆積を用いた希土類酸化物の膜厚制御性の高い手法を提案している。希土類金属の前駆体を加圧し、試料へ複数回注入することで試料表面への分子吸着を行う手法であり、実験的に Y の前駆体の注入回数と被覆率を Langmuir isotherm の平衡式でモデル化している。その結果、Y_2O_3 膜で 0.23nm/cycle, CeO_x 膜で 0.21nm/cycle の 1 分子層の堆積結果を示している。

第 4 章「SiC MOS devices with an Y-silicate interface layer」では Y-silicate 膜の界面層を挿入した堆積 SiO_2 ゲート絶縁膜の MOS キャパシタ、および MOSFET の特性への効果を示している。まず、熱処理による Y 原子の結合状態を明らかにし、界面層の高温熱処理による安定性の評価を行っている。Y-silicate 界面層の挿入により電界効果移動度は 14cm^2/Vs から 19cm^2/Vs へ向上し、しきい値は 2.9V から 4.2V へ正方向にシフトすることを示している。移動度の改善効果は不完全ではあるものの高いしきい値を得る手法として有効であるとしている。

第 5 章「Mobility recovery by a CeO_x layer insertion」では CeO_x 膜を界面層に挿入した堆積 SiO_2 ゲート絶縁膜の MOS キャパシタ、および MOSFET の特性への効果を示している。高温の熱処理でも CeO_x が存在しており高い熱安定性を有することを示している。また熱処理によって上部の堆積 SiO_2 層の増膜を確認しており、CeO_x/SiC 界面の Si 原子放出であると説明している。1.1nm の CeO_x 界面層を挿入することにより 54cm^2/Vs の高いピーク移動度を示し、2V 以上のしきい値が得られることを示している。

第 6 章「CeO_x and Y-silicate gate dielectric stack」では Y-silicate 膜、および CeO_x 膜を同時に挿入した場合の効果について、挿入順番を変えて報告している。Y-silicate 膜が SiC 表面に接するように挿入した場合は CeOx がない場合と同一の特性となったことを示しており、Y-silicate 膜の高い酸素防止能力の効果であると説明されている。一方、CeO_x 膜が SiC 表面と接するように挿入した場合、33cm^2/Vs のピーク移動度、3.1V のしきい値電圧が得られており、Y-silicate 層の挿入により移動度改善としきい値の正方向シフトにトレードオフがあるとしている。

第 7 章「Conclusions」では本論文で得た結論をまとめており、更なる移動度改善と適正なしきい値を得るために検討すべき表面処理について言及している。

以上を要するに本論文は酸素の挙動に着目した SiC 用のゲート絶縁膜の設計を希土類酸化物を用いて行っており、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。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ（T2R2）にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。