

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21H04550

研究課題名(和文) 絶縁膜界面バンドアライメント変調のための界面電荷エンジニアリングとその効果の実証

研究課題名(英文) Interface charge engineering for manipulation of band alignment at dielectric interfaces and demonstration of its impact on device characteristics

研究代表者

喜多 浩之(Kita, Koji)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：00343145

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 32,700,000円

研究成果の概要(和文)：次世代パワーMOSFETのゲートスタック構造で重要となるSiC/SiO<sub>2</sub>界面やGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>界面では、界面形成プロセスによって界面ダイポールの形成や界面固定電荷の発生・消滅があるのだがその実態は把握されていなかった。本研究ではバンドアライメントやフラットバンド電圧の変化について、それらに影響する各因子を初めて明確に区別しながら定量化したほか、これらの変化が僅かな歪みの印加に敏感に反応して変化する場合があることを発見した。またペロブスカイト酸化物のエピタキシャル積層膜の界面ダイポール効果の解析においては、ダイポールが局所的に生成しており、その強度が面内で分布するという理解の妥当性を証明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ワイドギャップ半導体のMOSFETでは閾値の制御性や、ゲートリーク電流の抑制が重要な課題となっている。これらの特性はMOS界面のバンドアライメントを決定する界面ダイポール効果や、フラットバンド電圧を左右する固定電荷によって決定されており、本研究ではそれらを明確に区別する手順を示すとともに、実際に各因子を定量化し、それらの制御のための指針を提案した。さらに応力がこれらに影響を与える理由も明らかにした。これらの情報は、デバイス構造の設計やデバイス形成プロセスの設計において重要な知見となる。

研究成果の概要(英文)：The SiC/SiO<sub>2</sub> and Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> interfaces, which are important for the gate stack structure of next-generation power MOSFETs, are subject to the formation of interfacial dipoles and the generation / dissipation of interfacial fixed charges, even though actual interface phenomenon with these processes have not been clarified. In this study, we not only show for the first time the contribution of each factor quantitatively to the change in band alignment and flatband voltage, but also discover that these changes can sometimes become very sensitive to a small amount of strain applied to the device. In the analysis of the interfacial dipole effect in epitaxial stacks of perovskite oxides, we proved the validity of the understanding that the interface dipoles are generated locally and their magnitudes are distributed laterally in the plane.

研究分野：電子デバイス材料工学

キーワード：電子・電気材料 表面・界面物性 誘電体 電子デバイス・機器 界面双極子 応力印加

## 様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

電子デバイスにおいて絶縁膜は重要な役割を担うが、絶縁膜のつくる界面バンドアライメントはその機能を左右する重要なパラメーターである。バンドアライメントによって金属 絶縁体 半導体電界効果トランジスタ (MOSFET) の閾値電圧が変化し、また絶縁膜を通るリーク電流の抑制能力が大きく変化する。ところが、導体におけるバンドアライメントについて多くの理論的検討がなされてきたのに比べて、絶縁体同士や絶縁体/半導体のバンドアライメントの決定機構は曖昧なままであり、各種の実験結果が各論で解釈されている。絶縁膜同士の界面は電気的に不活性なように見えても、実際には界面構造の変化に伴ってイオンの再配置が生じるので、それに応じた電荷の偏りがバンドアライメントに無視できない影響を与えることが議論されてきた。添加元素が界面に高密度に、規則正しく配列するときにも新しい電荷の偏りを生じる。これらの界面で生じる新たな電荷対による「界面ダイポール効果」は、しばしば数百 meV のオーダーで発生している。このことは、プロセス次第で絶縁膜のバンドアライメントには意図的な変調の余地が大きく残されていることを意味している。ところが、界面ダイポール効果を絶縁膜界面でもたらすイオンの再配列の原因は多様であり、界面構造の緩和が重要なのか、界面における化学量論比の影響が重要なのか明確ではない。また応力を与えたら原子の変位が影響をうけるのでこれらがどれくらいの影響をうけるのか、またダイポール効果は面内で均一とみなしてよいのかどうかなど、理解は曖昧なまま残されている点が多くあった。

### 2. 研究の目的

本研究では上記のような曖昧なままとなっている因子を分類、整理した上で、それぞれを自在に制御することで界面ダイポール効果や固定電荷の効果をチューニングする『界面電荷エンジニアリング』によって、絶縁膜の機能を飛躍的に向上させることを目指す。各種のデバイスプロセスに起因した界面電荷の導入の効果を、因子を分類しながら調査して体系的な理解を進め、さらにワイドギャップ MOSFET のゲートスタックや超高誘電率ゲート絶縁膜デバイスを例にダイポール効果の起源の把握とそのチューニングの効果を実証する。

### 3. 研究の方法

本研究では主として以下の(1)~(3)の絶縁膜同士または絶縁膜/半導体からなる界面のそれぞれについて、特に界面ダイポール効果の発現の機構に注目しながら、バンドアライメントを決定する因子を定量的に把握した上で、それに付随して MOSFET の閾値に影響する捕獲電荷(固定電荷)の効果との区別を明確化しながら、界面現象の全体像の理解を行うこととした。

**(1) 4H-SiC/SiO<sub>2</sub> 界面:** 次世代パワーデバイス材料として注目される SiC の MOS 構造について、熱酸化による SiO<sub>2</sub> の形成とその後の NO ガス中のアニールによる N 原子の導入がバンドアライメントに与える効果の解析と、その制御方法の検討を行った。また、SiC ウェハに機械的な曲げ応力を与えた時のこれらの変化についても定量的な解析を行った。この系は異元素導入が界面ダイポールをもたらす界面の例である。

**(2) -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> 界面:** 次々世代パワーデバイス材料として注目される Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の MOS 構造について、界面ダイポール効果の有無、およびそれに対するアニール処理の影響の把握を行い、その因子について考察する。これは酸化物同士でありながら絶縁膜と半導体がなす界面の例である。

**(3) ペロブスカイト酸化膜のエピタキシャル積層膜:** 膜中に生じるダイポール効果について、エピタキシャル膜内の原子積層順序の均一性による影響の現れ方を解析し、ダイポール効果が局所的に限定されながら面内分布を持っているという描像の妥当性の調査を行った。この系はエピタキシャル成長でダイポール層を調整できる余地があり緻密な制御の可能な例である。

### 4. 研究成果

#### (1) 4H-SiC/SiO<sub>2</sub> 界面のバンドアライメントに関する理解

##### SiC/SiO<sub>2</sub> 界面終端構造によるバンドアライメント変化

次世代パワーデバイスとして既に量産が開始されつつある 4H-SiC では、MOSFET の動作を制約する因子となっている MOS 界面欠陥を終端させる目的で、最表面の C を N 置換した構造をつくるプロセスが標準的に用いられている。ところが、この N の導入は、SiC 再表面に高密度かつ規則的に N を配置した構造をつくるため、その分極構造に起因した界面ダイポール効果が想定されてきた。そこで、この界面ダイポール効果によるバンドアライメントへの影響について、4H-SiC の面方位を (0001)、(000-1)、(1-100) と変更して比較したところ、面方位によってダイポールの向きが異なっていること、また、それに伴って MOS 構造を流れるリーク電流の大きさが強く影響されていることを明確化した(図1)。旧来の面内チャネル型の MOSFET では(0001)面に MOS 構造が形成され、その場合は N の導入が伝導帯オフセットを押し上げる効果があるのに対し、近

年の開発の中心となっているトレンチチャネル型の MOSFET では(1-100)面に MOS 構造が形成された場合、逆に伝導帯オフセットが低下する効果がみられることになる。素子構造の選択においてバンドアライメントの差異の考慮が不可欠であることを示唆する重要な結果である。

上記のリーク電流への影響に加えて、バンドアライメント変化による素子特性への第二の影響は、フラットバンド電圧のシフトに伴う MOSFET 閾値のシフトである。ところが上記の素子のフラットバンド電圧を調査すると、バンドアライメントだけでなく、固定電荷の発生が重要な因子となることが分かった。固定電荷密度をフラットバンド電圧の酸化膜依存性から調査したところ、N を界面に導入する NO 雰囲気アニール処理の直後は小さな密度に抑えられている一方、追加の熱処理を行うと、容易に固定電荷を発生させることが判明した(図2)。このとき、界面欠陥準位密度( $D_{it}$ )は殆ど変化しておらず、実際に界面を終端するNの密度に変化はほとんど見られない。界面終端構造は不変なままでも、熱処理によってその近傍での界面構造の緩和が生じると正電荷が多量に生じている。これらの固定電荷の発生は800 を超えた熱処理で顕在化するものであり、SiC のデバイスプロセスの中では、不可避的なものであるという懸念がある。

最後に、上記のような、N を導入したデバイスの形成プロセス中に不可避的に発生する正の固定電荷によるフラットバンド電圧の低下を相殺するための技術として、ゲート絶縁膜を  $Al_2O_3/SiO_2$  積層膜へと変更し、絶縁膜同士の界面で発生することが知られる界面ダイポール効果を利用できるかどうかの検討を行った。 $SiO_2$  形成後に上記と同様に NO アニールで界面へ N 導入を行ってから、最後に 3nm の膜厚で  $Al_2O_3$  を追加で堆積したところ、フラットバンド電圧が  $Al_2O_3$  の追加だけで  $\sim 0.6V$  の正方向へのシフトを生じ、MOSFET においても閾値が同様な正方向シフトを示した(図3)。 $Al_2O_3$  導入はその下部にある  $SiO_2$  層のおかげで MOSFET のチャネル特性には影響を与えない。即ち、N 導入による閾値低下を補償する技術として有効にはたらく可能性がある。

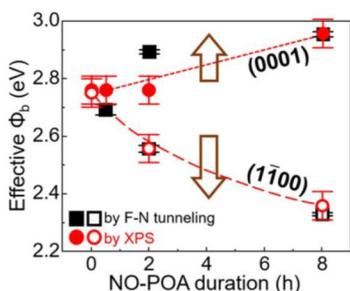


図1 NO 処理後の界面伝導帯オフセットの面方位による違い

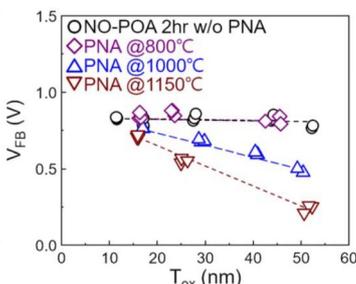


図2 固定電荷密度(負の傾き)のアニールによる顕著な増大

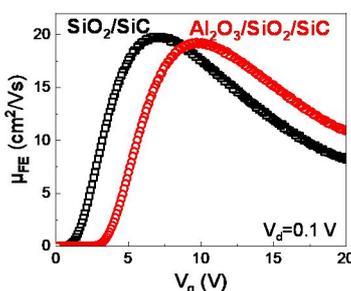


図3  $Al_2O_3/SiO_2$  ダイポールを利用した閾値のチューニングの例

#### 4H-SiC/SiO<sub>2</sub>界面へのN導入量の最大化の研究

NO アニールによる SiC 表面の N 終端化技術は広く利用されているものの、導入可能な N の量は限定的である。そこで N 導入過程の動力学的調査を行ったところ、初期に高速に導入が進むものの、N 密度の増大と共に脱離速度が高まり、やがて導入速度と脱離速度が釣り合って定常状態となることが判明した。この挙動は、NO よりもガス組成を明確化できる  $N_2 + O_2$  混合雰囲気でも全く同じ傾向となった。そこで  $O_2$  分圧を広い範囲で変化させた  $N_2 + O_2$  混合雰囲気での動力学を詳細に調べたところ、 $O_2$  分圧が高いと SiC 表面の C を脱離させる反応 ( $SiO_2 + CO$ ) によって N の導入速度を大きくできるが、界面を  $O_2$  で酸化することにより SiC 表面を消費し N が脱離する反応の速度が増大するため、定常状態での飽和 N 密度は低下した。 $O_2$  分圧を下げていくと、今度は Si と C がともに脱離するため ( $SiO + CO$ )、N の導入速度が上昇し、N の飽和密度を最大化することができた。

このとき NO アニール処理と同様の界面ダイポール層の形成もあるものの、それだけでは到底説明できないフラットバンド電圧の大きな負方向のシフトが観察され、正の固定電荷が高密度に導入されることが判明した。これは、でも見られた固定電荷と同種のもので顕在化したものと想定され、高温で酸素分圧を低くして  $SiO + CO$  の反応を生じる条件であったことを考慮すると、界面近傍で  $SiO_2$  が酸素欠損となり、酸素空孔が正電荷を帯びたものと予想された。そこでその対策として  $\sim 400$  の低温にして追加の  $O_2$  雰囲気アニールを行って酸素を供給することにしたところ、固定電荷は急減した(図4)。この温度では N の脱離は殆ど無視できるため、 $D_{it}$  や界面ダイポール効果の大きさの変化は限定的である。このような低温  $O_2$  アニール処理は、界面に窒素を高密度に導入した一般の SiC MOS 構造中の固定電荷の抑制に有効であるものと思われる。

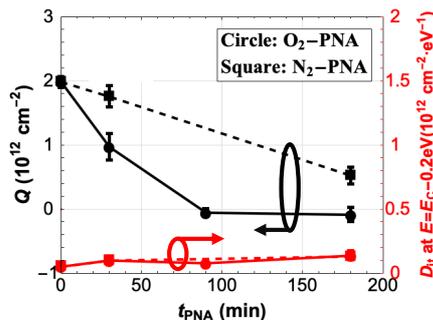


図4 N 導入後の低温  $O_2$  アニール(PNA)処理による固定電荷密度 Q(左軸, 黒)の低減効果。この処理で  $D_{it}$ (右軸, 赤)は増大しない。

#### 応力印加による SiC MOSFET 閾値への影響の評価

次に、この系の MOS 特性に対する応力効果の調査のため、4H-SiC ウェハに 4 点曲げ(図5(a))

による機械的歪みを与えたところ、MOS キャパシタのフラットバンド電圧が、僅か～100MPa 程度の圧縮歪みで負方向、伸長歪みでは正方向に～100mV オーダーでシフトすることを発見した。また同じウェハ上の MOSFET においては、この大きさに一致した閾値変化が観測された(図 5 (b))。同様の試験を Si 製 MOSFET に対して行ってもたかだか数 mV の変化しかみえないのはきわめて対照的な結果であり、これは SiC MOSFET の特徴をたらえた実験結果であると考えられる。

定量的に解析を進めたところ、応力印加に起因したフラットバンド電圧の変化の因子は、上記の僅かな歪みの印加に伴って固定電荷密度が  $10^{10}\text{cm}^{-2}$  オーダーで変化する現象であり、一方、歪みに伴う界面ダイポール効果の変化の寄与は想定的に小さいことが判明した。このような現象は、構造歪みによって SiC に僅かな電子構造の変化を生じるとき、界面に電荷捕獲準位が高密度に存在する SiC では僅かなフェルミエネルギーの変化が既存の捕獲準位の占有率を変化させるため、その結果、固定電荷密度の変化が顕著に観測されるという機構で理解された。観測された変化を定量的に説明するには、 $10^{12}\text{cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$  オーダーの捕獲準位密度が存在しなければならないが、これは  $D_{it}$  として観測される SiC 表面に形成される準位 ( $\sim 10^{11}\text{cm}^{-2}\text{eV}^{-1}$ ) だけでなく、界面から～nm だけ離れた酸化膜中に多量に存在する遅い欠陥準位も考慮することで説明可能なものと考えられる。これらの結果は、SiC MOSFET では、僅かな構造歪みの発生が、Si デバイスでは想定もしていなかったような巨大な閾値の変化として現れることを示している。SiC デバイスプロセスではエピタキシャル膜形成や酸化膜形成などで高温プロセスを多用するためにウェハに歪みの導入が避けられず、またトレンチ構造の形成などウェハ内に局所的な歪みの入る可能性は高い。これらは歪みの影響の重要性を示す新しい知見である。

尚、これらの知見を得た実験手法を応用し、研究室でもともと検討を進めていた強誘電性  $\text{HfO}_2$  薄膜のキャパシタに、同様の手法で機械的歪みを印加しながら分極反転測定を行ったところ、伸長方向の応力印加時には残留分極値は数十%も増大し、応力の解放後にはゆっくりと緩和して元に戻る現象が観測された。これは本研究がもともと目的とした研究ではないが、本研究をきっかけに派生的に発展した研究成果となった。

## (2) $-\text{Ga}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 界面のバンドアライメントのアニールによる変化の理解

SiC のさらにその先に導入が期待される次々世代のパワーデバイス材料の有力な候補である  $-\text{Ga}_2\text{O}_3$  について、 $\text{SiO}_2$  をゲート絶縁膜とした MOS 構造を形成したときのバンドアライメントを検討した。 $-\text{Ga}_2\text{O}_3$  は単斜晶構造を有し、電気特性の異方性が強いために既存の様々な面方位を持つ基板上で評価結果は必ずしも参考にならない。今後の本格的な利用が期待される (001) ウェハについての信頼性高い評価が必要である。

そこでまず、 $-\text{Ga}_2\text{O}_3$  自身の電子構造を把握する目的で、紫外線光電子分光法 (UPS) によって  $-\text{Ga}_2\text{O}_3$  (001) ウェハの価電子帯端のエネルギーを評価した。こうして確定させた  $-\text{Ga}_2\text{O}_3$  と  $\text{SiO}_2$  のそれぞれの既知のバンド構造から、仮に界面での相互作用が一切ないとした仮想的なバンドアライメントを得ることができる。しかし、実際に  $\text{SiO}_2$  堆積後に、様々な条件で熱処理を行ってから光電子分光の価電子帯スペクトル (図 6) を得て、これを  $\text{SiO}_2$  成分と  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  成分に分類してバンドアライメントを解析したところ、前述の仮想的なバンドアライメントとは異なっていた。この違いは、実際の酸化物同士の界面では、界面ダイポール効果の発生が無視できないためと考えられる。 $\text{SiO}_2$  の堆積方法を、酸素雰囲気中で電子線加熱を用いた Si の蒸着と、原子層堆積 (ALD) 法の 2 通りで試験したところ、どちらの成膜手法であっても価電子帯のオフセットが低減する方向の界面ダイポール効果の影響が示された。酸化物界面で生じるダイポール層の主な原因は、界面形成時の構造緩和に伴うイオンの再分配にあるが、観測されたダイポール効果は、界面で  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  側から  $\text{SiO}_2$  へと  $\text{O}^{2-}$  イオンが変位することによる効果として理解される。その起源の第一の候補は、構造緩和時にバルク中では酸素原子密度の高い  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  側から  $\text{SiO}_2$  側へと  $\text{O}^{2-}$  イオンの分布の中心が変位する可能性である。もう 1 つの候補は、熱力学的に酸化反応に伴う自由エネルギー変化の大きさを考慮すると Ga よりも Si が強く酸素を奪う性質を持つことから、界面で  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  側にサブオキサイドを残して  $\text{SiO}_2$  が酸素を引き抜き易くなっている可能性もある。尚、600 °C でのダイポール効果の大きさはたかだか～0.1eV 程度であったが、アニール温度を 1000 °C に高めると観測されやすくなること、また  $\text{SiO}_2$  の成膜方法を ALD 法とした方がダ

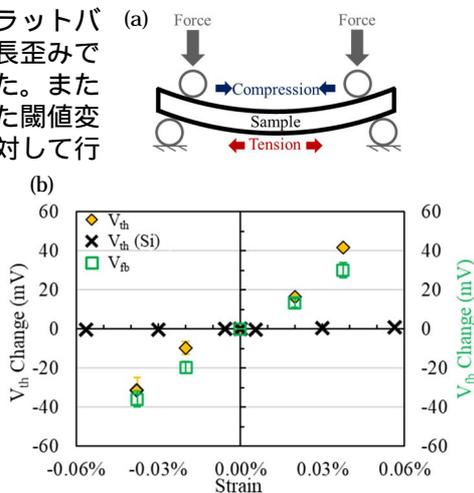


図 5 (a) 4 点曲げによる機械的な歪みを印加する治具と、(b) 歪み印加によるフラットバンド電圧 ( $V_{fb}$ ) と MOSFET 閾値 ( $V_{th}$ ) の変化

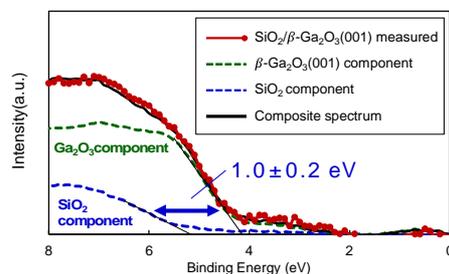


図 6  $\text{SiO}_2(3\text{nm})/\text{-Ga}_2\text{O}_3(001)$  スタックの価電子帯スペクトルのピーク分離の例

イポール効果が抑制されやすく、ダイポール効果の大きさは、成膜時の SiO<sub>2</sub> の品質，特に酸素欠損量に影響を受けやすいことが示唆された。

### (3) ペロブスカイト酸化物積層膜のエピタキシャル界面に形成されるダイポール効果

ダイポール効果を精緻に制御可能かどうかを検討するための系としてペロブスカイト酸化物のエピタキシャル積層構造を調査した。SrTiO<sub>3</sub>(001)単結晶基板上に SrRuO<sub>3</sub> をエピタキシャル成長させ、その上に LaAlO<sub>3</sub> 膜を積層するとき、LaAlO<sub>3</sub> は c 軸方向に (LaO)<sup>+</sup>原子面と (AlO<sub>2</sub>)<sup>-</sup>原子面を繰り返すため、その積層順序に応じたダイポール層を形成することが指摘されてきた。ところが、一般には SrRuO<sub>3</sub> エピタキシャル膜の最表面の原子層は面内で不均一に分布を有すると考えるのが自然である。従って、その上に成長する LaAlO<sub>3</sub> 層についてもそれに依りて積層順序が面内でバラバラとなるのが自然であり、局所的にみると不均一にダイポール効果が面内分布するはずである。

そこで本研究では、積層方法に工夫を施し、LaAlO<sub>3</sub> 層の成膜前の直前に 1 原子層程度の SrAlO<sub>x</sub> 層を挿入することで、原子層の面内均一性を飛躍的に高めることを行った。このときのダイポール効果の面内分布を、SrAlO<sub>x</sub> 層の挿入のない場合と比較することを目指した。水平力顕微鏡 (LFM) で積層膜の堆積後の表面摩擦力を調べると、表面で観察された摩擦力の分布が表面原子の違いを反映すると解釈が可能である。その結果、SrAlO<sub>x</sub> の挿入によって、表面原子の均一性が飛躍的に高まっていることが示され (図 7)、従って LaAlO<sub>3</sub> 中の原子層の積層順序についても、面内での均一性が向上しているはずだと解釈された。XPS を用いて、積層膜上面から放出される光電子のカットオフエネルギーのシフト量から積層膜内で生じているダイポール効果の大きさを推定することができるが、XPS では広い面積で平均化された信号が検出されているため、面内分布の平均値が観測される。結果として XPS から推定した、面内平均したダイポール効果の大きさは SrAlO<sub>x</sub> 層の挿入だけで数百 meV の差が生じることが分かった (図 8)。即ち、このエピタキシャル酸化物積層膜内のダイポール効果は、面内の積層順序を整合させることでその大きさをチューニングできることが分かる。

一方、導電性 AFM (C-AFM) で局所的に観察される積層膜中をリークする電流の面内分布を調べてみると、電流像の面内分布の大きさは SrAlO<sub>x</sub> 層の挿入によって大幅に縮小し、その分布の仕方は、上記の LFM で評価した表面原子の分布の仕方と概ね整合していた。局所的にダイポール効果の分布があれば、バンドアライメントは局所的に異なって面内に分布しているはずであり、それがリーク電流の分布を引き起こしているものと解釈できる。以上のことから、原子層の積層順序の面内分布の抑制が、積層構造中を流れる電流の制御の上で重要な因子となることが明らかとなった。

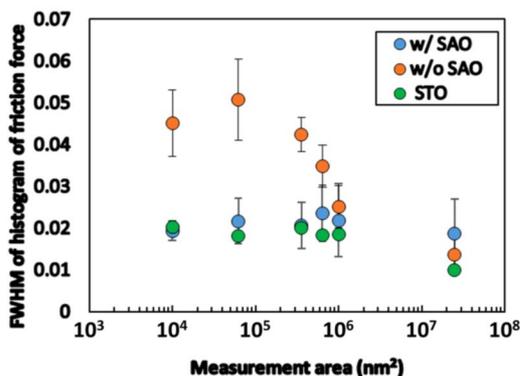


図 7 LaAlO<sub>3</sub>/SrRuO<sub>3</sub> エピタキシャル膜表面での LFM 像の面内ばらつきを測定面積の関数として示した。測定領域を小さくすると、SrAlO<sub>x</sub> 挿入あり/なしによって摩擦力のばらつきに大きな差が見える。

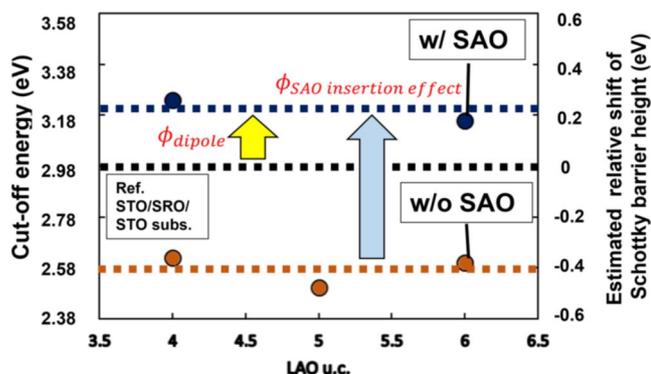


図 8 SrTiO<sub>3</sub>/LaAlO<sub>3</sub>/SrRuO<sub>3</sub> の 3 層からなるエピタキシャル膜内部に形成されるダイポール効果を XPS のカットオフエネルギーの変化量から推定した。SrAlO<sub>x</sub> 挿入あり/なしによって大きく違いがある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Inoue Tatsuya, ONAYA Takashi, KITA Koji	4. 巻 17
2. 論文標題 Enhancement of remnant polarization in ferroelectric HfO <sub>2</sub> thin films induced by mechanical uniaxial tensile strain after crystallization process	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 051003-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ad379a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Chu Qiao, Masunaga Masahiro, Shima Akio, Kita Koji	4. 巻 63
2. 論文標題 Comparative study of mechanical stress-induced flat-band voltage change in MOS capacitor and threshold voltage change in MOSFET fabricated on 4H-SiC (0001)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 030901-1~5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ad2aa6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tamura Atsushi, Kita Koji	4. 巻 134
2. 論文標題 Verification of modulation mechanism of the interfacial dipole effect by changing the stacking sequence of monatomic layers in perovskite oxides	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 235301-1~10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0169529	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yang Tianlin, Kita Koji	4. 巻 210
2. 論文標題 Opportunity to achieve an efficient SiC/SiO <sub>2</sub> interface N passivation by tuning the simultaneous oxidation modes during the SiC surface nitridation in N <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> annealing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Solid-State Electronics	6. 最初と最後の頁 108815-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sse.2023.108815	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Onaya Takashi, Nabatame Toshihide, Nagata Takahiro, Tsukagoshi Kazuhito, Kim Jiyoung, Nam Chang-Yong, Tsai Esther H.R., Kita Koji	4. 巻 210
2. 論文標題 Effects of oxidant gas for atomic layer deposition on crystal structure and fatigue of ferroelectric HfxZr1-xO2 thin films	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Solid-State Electronics	6. 最初と最後の頁 108801-1~4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sse.2023.108801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kil Tae-Hyeon, Yang Tianlin, Kita Koji	4. 巻 61
2. 論文標題 Unexpected fixed charge generation by an additional annealing after interface nitridation processes at the SiO2/4H-SiC (0001) interfaces	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SH1008 ~ SH1008
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac68cd	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nittayakasetwat Siri, Momiyama Haruki, Kita Koji	4. 巻 204
2. 論文標題 Structural distortion in ferroelectric HfO2 - The factor that determines electric field-induced phase transformation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Solid-State Electronics	6. 最初と最後の頁 108639 ~ 108639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sse.2023.108639	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hatmanto Adhi Dwi, Kita Koji	4. 巻 345
2. 論文標題 Relaxation of the Distorted Lattice of 4H-SiC (0001) Surface by Post-Oxidation Annealing	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Solid State Phenomena	6. 最初と最後の頁 131 ~ 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4028/p-N0q5NL	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Hasegawa Rimpei, Kita Koji	4. 巻 61
2. 論文標題 Characterization of deep traps in the near-interface oxide of widegap metal-oxide-semiconductor interfaces revealed by light irradiation and temperature change	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 SH1006 ~ SH1006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac6564	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tae-Hyeon Kil, Munetaka Noguchi, Hiroshi Watanabe, and Koji Kita	4. 巻 43
2. 論文標題 Impacts of Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> Interface Dipole Layer Formation on the Electrical Characteristics of 4H-SiC MOSFET	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Electron Device Letters	6. 最初と最後の頁 92 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LED.2021.3125945	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tae-Hyeon Kil, Atsushi Tamura, Sumera Shimizu, and Koji Kita	4. 巻 14
2. 論文標題 Impacts of band alignment change after interface nitridation on the leakage current of SiO <sub>2</sub> /4H-SiC (0001) and (1-100) MOS capacitors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 081005-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/ac16b9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Atsushi Tamura, Seungwoo Jang, Young-Geun Park, Hanjin Lim, and Koji Kita	4. 巻 185
2. 論文標題 Opportunity for band alignment manipulation of perovskite oxide stacks by interfacial dipole layer formation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solid-State Electronics	6. 最初と最後の頁 108128-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sse.2021.108128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Tae-Hyeon Kil, Munetaka Noguchi, Hiroshi Watanabe and Koji Kita	4. 巻 183
2. 論文標題 Flat-band voltage shift of 4H-SiC MOS capacitors induced by interface dipole layer formation at the oxide-semiconductor and oxide-oxide interfaces	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solid-State Electronics	6. 最初と最後の頁 108115-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sse.2021.108115	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Siri Nittakayasetwat and Koji Kita	4. 巻 184
2. 論文標題 Evidence of Ferroelectric HfO <sub>2</sub> Phase transformation Induced by Electric Field Cycling Observed at a Macroscopic Scale	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Solid-State Electronics	6. 最初と最後の頁 108086-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sse.2021.108086	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計59件 (うち招待講演 7件 / うち国際学会 31件)

1. 発表者名 田村 敦史, 喜多 浩之
2. 発表標題 ペロブスカイト酸化エピタキシャル薄膜における微視的および巨視的なバンドオフセットの値とリーク電流の大きさの関係
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 呂 楚陽, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 高温・低酸素分圧下アニールによる4H-SiC 中の欠陥生成のFT-IRによる検出
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Runze Wang, Munetaka Noguchi, Shiro Hino, and Koji Kita
2. 発表標題 Investigating the Mechanism of SiO <sub>2</sub> /4H-SiC Interface Traps Passivation by Boron Incorporation through FT-IR Analysis of Near-Interface SiO <sub>2</sub>
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 中島 辰海, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 絶縁膜中の希土類元素の濃度による4H-SiC/絶縁膜界面への窒素導入現象の変化とその原因の考察
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 佐々木 琉, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 NOによるSiC/SiO <sub>2</sub> 界面への窒素導入速度論に対する雰囲気効果の理解
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Qiao Chu, Masahiro Masunaga, Akio Shima, and Koji Kita
2. 発表標題 Mechanism of Mechanical Stress-Induced Flat-band Voltage Change in 4H-SiC MOS Structure
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 井上 辰哉, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 機械的な引張歪みの存在下での分極反転に伴うHfO <sub>2</sub> 薄膜の残留分極値の増大現象とその起源の考察
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 片桐 浩生, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 SiO <sub>2</sub> との界面付近の -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 中に酸素欠損が残存する原因の考察
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 女屋崇, 生田目俊秀, 長田貴弘, 山下良之, 塚越一仁, 喜多 浩之
2. 発表標題 強誘電体Hf <sub>x</sub> Zr <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> /TiN の界面反応に起因する分極疲労抑制メカニズムに関する考察
3. 学会等名 第29回電子デバイス界面テクノロジー研究会 -材料・プロセス・デバイス特性の物理-
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 T. Onaya, T. Nabatame, T. Nagata, Y. Yamashita, K. Tsukagoshi, Y. Morita, H. Ota, S. Migita, and K. Kita
2. 発表標題 Improvement of Fatigue Properties of Ferroelectric Hf <sub>x</sub> Zr <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> Thin Films Using Surface Oxidized TiN Bottom Electrode
3. 学会等名 54th IEEE Semiconductor Interface Specialists Conference (SISC) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木琉, 女屋崇, 喜多浩之
2. 発表標題 NO <sub>2</sub> アニールによる4H-SiC/SiO <sub>2</sub> 界面への窒素導入反応における酸素分圧の影響の理解
3. 学会等名 応用物理学会先進パワー半導体分科会 第10回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中島辰海, 女屋崇, 喜多浩之
2. 発表標題 絶縁膜への希土類元素の導入による4H-SiC/絶縁膜界面への窒素導入促進手法の検討
3. 学会等名 応用物理学会先進パワー半導体分科会 第10回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 片桐浩生, 女屋崇, 喜多浩之
2. 発表標題 SiO <sub>2</sub> 成膜とアニールによる Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 表面近傍の酸素欠損の変化の検討
3. 学会等名 応用物理学会先進パワー半導体分科会 第10回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tianlin Yang, Takashi Onaya and Koji Kita
2. 発表標題 N <sub>2</sub> 雰囲気での高温窒化プロセスとO <sub>2</sub> 雰囲気での低温アニール処理の組み合わせによる4H-SiC/SiO <sub>2</sub> 界面品質の向上
3. 学会等名 応用物理学会先進パワー半導体分科会 第10回講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takashi Onaya, Toshihide Nabatame, Kazuhito Tsukagoshi, and Koji Kita
2. 発表標題 Impact of ALD-ZrO <sub>2</sub> nucleation layers on leakage current properties and dielectric constant of ferroelectric Hf <sub>x</sub> Zr <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> thin films
3. 学会等名 36th International Microprocesses and Nanotechnology Conference (MNC 2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Kita
2. 発表標題 Considerations on SiC Surface Oxidation and Nitridation Reactions to Form SiO <sub>2</sub> /4H-SiC MOS Interface for Advanced Power Devices
3. 学会等名 The 9th International Conference on Science and Technology, Universitas Gadjah Mada Annual Scientific Conferences Series (ICST UGM 2023) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Runze Wang, Munetaka Noguchi, Shiro Hino, and Koji Kita
2. 発表標題 Structural Analysis of Boron Incorporated SiO <sub>2</sub> /4H-SiC MOS Interface with Reduced Trap Density
3. 学会等名 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Chuyang Lyu, Takashi Onaya, and Koji Kita
2. 発表標題 Comparative Study on Local Lattice Distortion of 4H-SiC Surface Induced by Thermal Oxidation and Annealing in Ar Ambient
3. 学会等名 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Qiao Chu, Masahiro Masunaga, Akio Shima, and Koji Kita
2. 発表標題 Possible Origins of Mechanical Stress-Induced Anomalous Impact on Threshold Voltage of 4H-SiC (0001) MOSFET
3. 学会等名 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryu Sasaki, Takashi Onaya, and Koji Kita
2. 発表標題 Effect of Oxygen Partial Pressure on Nitridation Kinetics at 4H-SiC/SiO <sub>2</sub> Interface Using NO Annealing
3. 学会等名 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takashi Onaya, Takahiro Nagata, Toshihide Nabatame, Yoshiyuki Yamashita, Kazuhito Tsukagoshi, and Koji Kita
2. 発表標題 Origin of Fatigue Properties Induced by Oxygen Vacancies Originating from Ferroelectric-Hf <sub>x</sub> Zr <sub>1-x</sub> O <sub>2</sub> /TiN Interface Reaction During Field Cycling
3. 学会等名 2023 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Koji Kita
2. 発表標題 Design of Surface Oxidation and Nitridation Reactions on 4H-SiC for the Advanced SiC Gate Stack Formation Processes
3. 学会等名 244th ECS Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 片桐 浩生, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 SiO <sub>2</sub> / -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 界面形成条件が与える -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 表面近傍の酸素欠損量の違いの検討
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上 辰哉, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 機械的な引張歪みの存在下での分極反転に伴うHfO <sub>2</sub> 薄膜の残留分極値の増大現象とその歪み解放後の緩和現象
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsushi Tamura, Takashi Onaya, and Koji Kita
2. 発表標題 Manipulation of Local Band Alignment Distribution by Controlling the Stacking Sequence in Dipole Layer at Perovskite Oxide Interface Characterized by Conductive AFM
3. 学会等名 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tianlin Yang, Takashi Onaya, and Koji Kita
2. 発表標題 Low-temperature post nitridation O <sub>2</sub> annealing to reduce the fixed charge density while maintaining the high SiC surface N density
3. 学会等名 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Qiao Chu, Masahiro Masunaga, Akio Shima, and Koji Kita
2. 発表標題 Anomalous Impact of Mechanical Uniaxial Stress on Threshold Voltage of 4H-SiC (0001) MOSFET
3. 学会等名 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Runze Wang, Munetaka Noguchi, Hiroshi Watanabe, and Koji Kita
2. 発表標題 The Influence of Boron Concentration on the Reduction of SiO <sub>2</sub> /4H-SiC MOS Interface Defect Density with Preserved Flatband Voltage Stability
3. 学会等名 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tatsuya Inoue, Takashi Onaya, and Koji Kita
2. 発表標題 Remnant Polarization Enhancement in Ferroelectric HfO <sub>2</sub> Thin Films Induced by Mechanical Uniaxial Tensile Strain during Polarization Switching
3. 学会等名 2023 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tianlin Yang and Koji Kita
2. 発表標題 Opportunity to achieve an efficient SiC/SiO <sub>2</sub> interface N passivation by tuning the simultaneous oxidation modes during the SiC surface nitridation in N <sub>2</sub> + O <sub>2</sub> annealing
3. 学会等名 23rd Conference on Insulating Films on Semiconductors (INFOS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsushi Tamura, Takashi Onaya and Koji Kita
2. 発表標題 Origin of Interface Dipole Modulation in Perovskite Oxide Epitaxial Stacks by Monatomic Layer Insertion Characterized by Lateral Force Microscopy
3. 学会等名 23rd Conference on Insulating Films on Semiconductors (INFOS2023) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 武田 大樹、女屋 崇、生田目 俊秀、喜多 浩之
2. 発表標題 界面形成手法によるSiO <sub>2</sub> / -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (001)バンドアライメントの違いの考察
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tianlin Yang and Koji Kita
2. 発表標題 Understandings of the kinetics of N-incorporation and N-removal reactions for the 4H-SiC surface using the SiC consumption rate as an essential factor
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐々木 琉、中島 辰海、女屋 崇、喜多 浩之
2. 発表標題 4H-SiC/ゲート絶縁膜界面への窒素導入プロセスの低温化の検討
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 井上 辰哉, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 機械的な引張歪みの存在下での分極反転に伴うHfO <sub>2</sub> 薄膜の残留分極値の増大の実証
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 安田 滉, 女屋 崇, 喜多 浩之
2. 発表標題 アニール時の機械的歪み導入によるHfO <sub>2</sub> 薄膜の強誘電相安定化効果
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田村 敦史, 喜多 浩之
2. 発表標題 ペロブスカイト酸化物エピタキシャル界面への原子層挿入による積層順序制御効果の検証
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 喜多浩之, 武田大樹
2. 発表標題 酸素アニールを用いた酸化ガリウムのMOS界面形成プロセス
3. 学会等名 ワイドギャップ半導体学会 第9回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daiki Takeda and Koji Kita
2. 発表標題 Investigation of SiO <sub>2</sub> / -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (001) band alignment considering the effects of interface dipole layer formation
3. 学会等名 The 4th International Woarkshop on Gallium Oxide and Its Related Materials (IWG02022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsushi Tamura and Koji Kita
2. 発表標題 Correlation between Dipole Layer Formation and Surface Terminating Crystal Face in Perovskite Oxide Epitaxial Stacks Clarified by Lateral Force Microscopy
3. 学会等名 2022 International Conferene on Solid State Devices and Materials (SSDM2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tianlin Yang and Koji Kita
2. 発表標題 4H-SiC surface nitridation kinetic model in high temperature N <sub>2</sub> (+O <sub>2</sub> ) annealing focusing on the effects of annealing temperature and O <sub>2</sub> partial pressure
3. 学会等名 2022 International Conferene on Solid State Devices and Materials (SSDM2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 喜多浩之
2. 発表標題 SiO <sub>2</sub> / -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MOS特性とその熱処理による変化
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Kita
2. 発表標題 Clarification of Possible Factors to Determine Flat-Band Voltage in 4H-SiC Gate Stacks with Nitrogen Passivation Processes
3. 学会等名 241st ECS Meeting, in Symposium D02 "Dielectrics for Nanosystems 9: Materials Science, Processing, Reliability, and Manufacturing" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田村敦史, 喜多浩之
2. 発表標題 ペロブスカイト酸化物界面におけるダイポール層LaAlO <sub>3</sub> の原子層積層順序とダイポール方向の相関の水平力顕微鏡による検証
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tianlin Yang and Koji Kita
2. 発表標題 Kinetic Study of SiC Surface Nitridation in N <sub>2</sub> Ambient with Simultaneous Oxidation in Passive and Active Oxidation Modes
3. 学会等名 The 9th International Conference on Control of Semiconductor Interfaces (ISCSI-IX) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Koji Kita
2. 発表標題 Study on the Electrical Characteristics and Band Diagrams of Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> MOS Gate Stacks
3. 学会等名 241st ECS Meeting, in Symposium D01 "Solid State Devices, Materials and Sensors: In Memory of Dolf Landheer" (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tianlin Yang, 喜多浩之
2. 発表標題 Understandings of the kinetic balance between N incorporation and removal affected by SiC surface oxidation for 4H-SiC/SiO <sub>2</sub> structure in high-temperature N (+0) annealing
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武田大樹, 喜多浩之
2. 発表標題 SiO <sub>2</sub> / -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (001)のバンドダイアグラムの成膜後アニールによる変化の検討
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川 凜平, 喜多 浩之
2. 発表標題 照射光の波長と測定温度によるC-V特性の違いを利用したSiC MOS界面近傍の深い準位の評価
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 喜多浩之
2. 発表標題 SiC表面の酸化と窒化によるMOS界面形成の科学
3. 学会等名 第27回電子デバイス界面テクノロジー研究会－材料・プロセス・デバイス特性の物理－（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Daiki Takeda and Koji Kita
2. 発表標題 Characterization of SiO <sub>2</sub> / -Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (001) MOS Band Diagram with Photoelectron Spectroscopy for the Correct Evaluation of Interface Fixed Charge Density
3. 学会等名 2021 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Tamura, Cheol Hyun An, Hanjin Lim, and Koji Kita
2. 発表標題 Manipulation of Interfacial Dipole Effect at Perovskite Oxide Heteroepitaxial Interface by Stacking Sequence of Monatomic Layers in LaAlO <sub>3</sub>
3. 学会等名 2021 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tae-Hyeon Kil and Koji Kita
2. 発表標題 Unexpected Fixed Charge Generation by an Additional Annealing after Interface Nitridation Processes at SiO <sub>2</sub> /4H-SiC (0001) MOS Interfaces
3. 学会等名 2021 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Rimpei Hasegawa and Koji Kita
2. 発表標題 Characterization of Deep Traps in Near-Interface Oxide of Widegap MOS Interfaces Revealed by Light Irradiation and Temperature Change
3. 学会等名 2021 International Workshop on Dielectric Thin Films for Future Electron Devices: Science and Technology (IWDTF2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koji Kita
2. 発表標題 Study on Impact of MOS Interface Passivation Processes on Band Alignment and Flat-Band Voltage of 4H-SiC Gate Stacks
3. 学会等名 240th ECS Meeting, in Symposium G02 "Semiconductor Process Integration" (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tae-Hyeon Kil, Munetaka Noguchi, Hiroshi Watanabe and Koji Kita
2. 発表標題 Positive threshold voltage shift of 4H-SiC MOSFET induced by Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> interface dipole layer formation
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tianlin Yang and Koji Kita
2. 発表標題 Considerations on the kinetic correlation between SiC nitridation and etching at the 4H-SiC(0001)/SiO <sub>2</sub> interface in N <sub>2</sub> and N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> ambient
3. 学会等名 2021 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tae-Hyeon Kil, Munetaka Noguchi, Hiroshi Watanabe and Koji Kita
2. 発表標題 Flat-band voltage shift of 4H-SiC MOS capacitors induced by interface dipole layer formation at the oxide-semiconductor and oxide-oxide interfaces
3. 学会等名 22th Conference on Insulating Films on Semiconductors (INFOS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsushi Tamura, Seungwoo Jang, Young-Geun Park, Hanjin Lim, and Koji Kita
2. 発表標題 Opportunity for band alignment manipulation of perovskite oxide stacks by interfacial dipole layer formation
3. 学会等名 22th Conference on Insulating Films on Semiconductors (INFOS2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東京大学大学院新領域創成科学研究科 喜多研究室 <a href="http://www.scio.t.u-tokyo.ac.jp/publication.html">http://www.scio.t.u-tokyo.ac.jp/publication.html</a>
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------