

平成22年 6月 7日現在

研究種目：若手研究（A）  
 研究期間：2007～2009  
 課題番号：19686037  
 研究課題名（和文）In-situリアルタイム観察に基づくGe表面の初期酸化過程とその制御の研究  
 研究課題名（英文）Study on Ge surface oxidation processes based on in-situ analysis

研究代表者  
 喜多 浩之（KITA KOJI）  
 東京大学・大学院工学系研究科・准教授  
 研究者番号：00343145

## 研究成果の概要（和文）：

Ge上のGeO<sub>2</sub>膜からGeOが脱離する現象は、界面と表面で同時進行する反応に起因し、膜中の拡散律速モデルで説明される。GeO脱離に伴いGeO<sub>2</sub>膜中には酸素欠損による欠陥が形成され、サブギャップ領域の光吸収として検出される。GeO<sub>2</sub>上のキャップ層導入や、熱処理中の酸素分圧制御によりGeO脱離に伴う欠陥形成を抑制し、電気特性の大幅な改善を実証した。またHigh-k膜の共存による界面制御性の向上の可能性も示した。

## 研究成果の概要（英文）：

The GeO desorption from GeO<sub>2</sub> films on Ge is caused by the combination of two reactions occurring at the top and bottom interfaces, respectively, and the desorption rate is described by the diffusion-limited model through the GeO<sub>2</sub> film. It induces the oxygen-deficiency-related defects in the films, which is clearly detected as the increase of sub-gap photo absorption. The significant improvement of electrical characteristics was demonstrated through the suppression of defect generation by the introduction of a cap layer on top of GeO<sub>2</sub> film, or the control of oxygen partial pressure during the thermal treatment. The enhancement of the controllability of the interface properties by the coexisting high-k materials was also demonstrated.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	13,200,000	3,960,000	18,900,000
2008年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2009年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
総計	20,200,000	6,060,000	26,260,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：材料工学 金属物性

キーワード：半導体物性，初期酸化過程

## 1. 研究開始当初の背景

CMOSデバイスの微細化，高性能化のため

にはSiよりも移動度の高いチャネル材料の導入が不可欠となっている。中でもGeはホ

ール、電子ともに Si よりも高い移動度を持つ材料である。ところが Ge を用いる上での最大の欠点は酸化膜である  $\text{GeO}_2$  が熱力学的に不安定であり、デバイス形成のための熱処理に耐えられないことである。High-k 技術によって「 $\text{GeO}_2$  なし」で済ませようとする工夫をしても、実際には界面に必ず Ge-O 結合が存在するため熱処理による劣化は避けられない。つまり、Ge デバイス成功の鍵は  $\text{GeO}_2/\text{Ge}$  の制御にある。

一方、Ge の表面酸化反応は  $\text{GeO}_2$  の形成だけでなく、昇華性の GeO の形成を伴うことが分かっている。そこで  $\text{GeO}_2/\text{Ge}$  界面特性を制御するには、これらの反応経路を区別して定量的に把握し、モデル化することが必要とされていた。

## 2. 研究の目的

(1) Ge の表面酸化、また  $\text{GeO}_2$  膜からの GeO の脱離の過程についてデータを蓄積、解析する。また、これらに基づいて界面反応のモデル化を行うと同時に界面特性の制御指針を確立し、これを実証する。

(2) 遷移金属元素などの共存による表面酸化過程への影響評価と、表面酸化の制御への応用可能性を明らかにする。

## 3. 研究の方法

$\text{GeO}_2$  膜の形成過程や脱離過程には Ge の熱酸化及び RF スパッタリングによる堆積を用い、界面反応量の定量的な把握にはエリプソメトリー測定や昇温脱離測定 (TDS) を用いた。温度、酸素分圧を系統的に変化させ、膜厚変化と同時にエリプソメトリーにより決定した複素屈折率の値から膜質の解析を行った。また、金属元素共存の効果の検討には、Ge 上に High-k 膜を堆積後にこれを酸化処理する系を用いることとした。

## 4. 研究成果

### (1) GeO 脱離現象の過程の解析

Ge 基板上的  $\text{GeO}_2$  膜を  $\text{N}_2$  雰囲気中  $600^\circ\text{C}$  にてアニールしたときの膜厚変化量のアニール時間依存性をエリプソメトリーにより調べた。その結果、膜厚減少速度が膜厚の逆数に比例することが明らかとなった。図 1 は、膜厚変化の実測値と、計算値が一致することを示したものである。これは GeO 脱離現象が膜中の物質移動過程によって律速されることを示す。このような脱離現象は、 $\text{GeO}_2$  を  $\text{SiO}_2$  上に堆積した場合には観察されないことから、GeO 脱離は Ge 基板と  $\text{GeO}_2$  の界面反応により駆動され、膜中の物質移動を経て生じる。

一方、 $^{18}\text{O}$  同位体を用い、 $\text{GeO}_2$  の上部と下部を区別して TDS 測定を行ったところ、上部の酸素が先に GeO として脱離していることが分

かった (図 2)。即ち、界面で GeO が形成されて膜中を拡散するのではなく、あくまで GeO 形成は表面反応の結果である。これらのことを総合すると、界面反応によって Ge が酸化すると界面付近の  $\text{GeO}_2$  は酸素欠損となり、酸素空孔を生み出す一方、表面では GeO を形成・昇華させることで酸素空孔を消費するというモデルが最も合理的である。即ち、律速過程である物質移動は、界面反応と表面反応をバランスさせるための Ge や O の移動だと考えられる。モデルの完全な証明には至っていないが、要点は明らかとなったと言える。

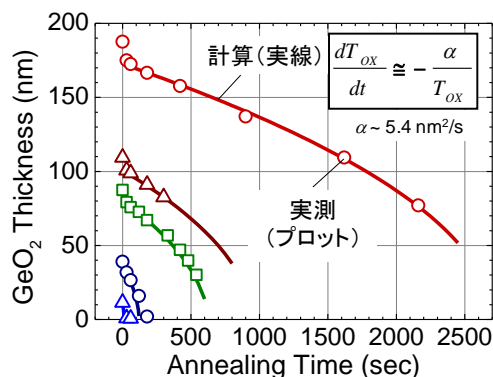


図 1 GeO 脱離による  $\text{GeO}_2$  膜厚変化。膜厚に反比例した速度で脱離が起こり、膜中の物質移動過程が律速している。  
( $\text{N}_2$  雰囲気中  $600^\circ\text{C}$  アニールの場合)

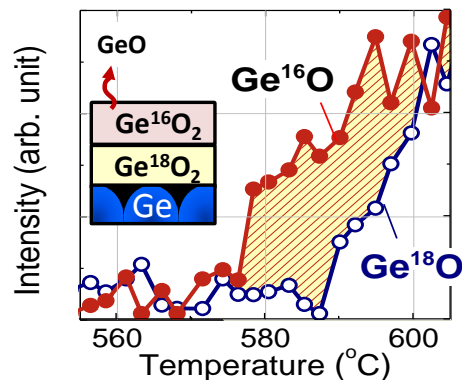


図 2 酸素同位体を用いた積層構造から脱離する GeO の TDS 測定。GeO 形成は表面の酸素が先に消費されて生じている。

### (2) GeO 脱離制御による電気特性向上

$\text{GeO}_2$  膜を用いて MIS キャパシタを形成したところ、Ge 基板では激しく劣化した C-V 特性が得られる。そこで、GeO の昇華を抑制するためのキャップ層として Si を  $\text{GeO}_2$  膜の上部に堆積したところ、Ge 基板からの  $\text{GeO}_2$  膜の脱離をほぼ完全に抑制することに成功した。さらに、キャップ層を電極として用いることで良好な界面特性を保ったまま MIS キャパシタの形成に成功した (図 3)。即ち、GeO 脱

離の抑制さえできれば、GeO<sub>2</sub>/Ge 界面特性は良好なのである。このことは、不安定さ故に敬遠されてきた GeO<sub>2</sub>が、実は Ge の界面形成に最適であることを世界に先駆けて示したものであり、この成果によって米国 ECS 学会にて開催された High Dielectric Constant Gate Stacks Symposium -V において最優秀プレゼンテーション賞を受賞した。また、このプロセスを MOSFET 作製に応用し、その効果の実証にも成功した。

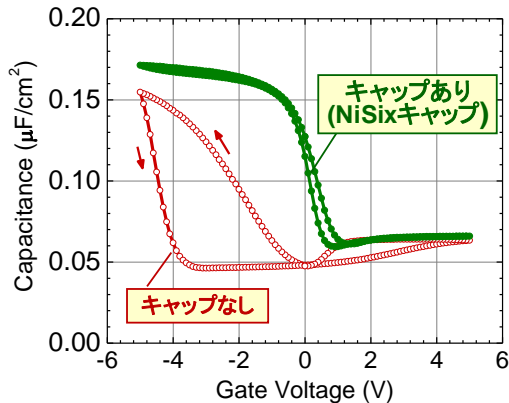


図3 膜厚~25 nm-GeO<sub>2</sub>/Ge MOS キャパシタの CV 特性。キャップ層を導入して形成したキャパシタはヒステリシスが小さく、フラットバンド電圧も良好となる。

### (3) GeO脱離に伴うGeO<sub>2</sub>膜中欠陥の観察

分光エリプソメトリーを用いて Ge 基板上の GeO<sub>2</sub> の光学定数を測定したところ、熱処理による膜質劣化に対応して消衰係数(k)のスペクトルが変化することが分かった(図4)。特に、バンドギャップよりも1 eV程度小さい領域での光吸収(サブギャップ吸収)は欠陥準位密度と対応すると考えられたため、これを GeO<sub>2</sub>/Ge スタックの劣化を高感度に検出する手法として利用した評価を進めた。

まず酸素分圧を変化させて熱処理を行ったところ、酸素分圧の上昇と共にサブギャップは減少し、あるしきい圧力以上を与えると完全に消滅することが明確となった(図5)。このことから、サブギャップ吸収はGeO<sub>2</sub>中の酸素欠損に由来する欠陥生成を表わすと考えてよい。また吸収強度の膜厚依存性から、これはGeO<sub>2</sub>バルク中にほぼ均一に分布した欠陥によるものであることも示された。GeO<sub>2</sub>ガラスでの欠陥と光吸収の対応関係を参考にしたところ、これらの欠陥は中性の酸素空孔や複空孔に由来するものと考えてよい。

サブギャップ吸収は熱処理時間とともに急速に上昇したのちに飽和した。これは酸素欠損に伴う欠陥の濃度が熱力学的な平衡状態で収束することを表わす。また種々の温度での熱処理について調べたところ、サブギャ

ップ吸収強度はGeOの脱離量の関数として説明可能であることも確かめられた。前述のモデルと併せ、反応の進行には酸素の消費と移動が関係しており、これが酸素欠損の増大として現れると説明可能である。

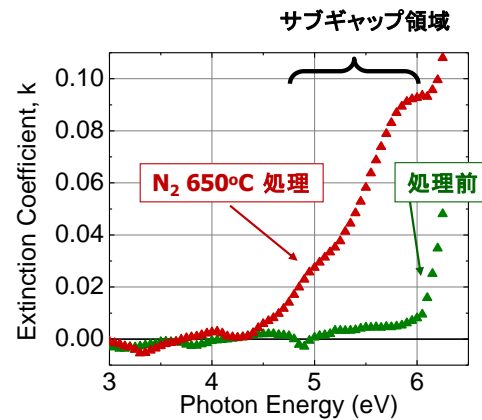


図4 分光エリプソメトリーにより決定した GeO<sub>2</sub> 膜の消衰係数スペクトル。熱処理によってバンドギャップ(6eV)よりも小さなエネルギー領域にサブギャップ光吸収に対応した変化が現れる。

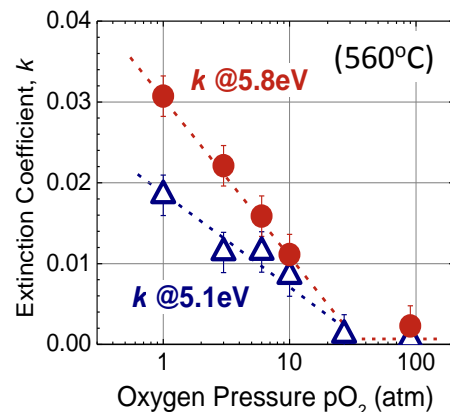


図5 GeO<sub>2</sub>中に検出される2つのサブギャップピーク(5.1eVと5.8eV)の強度の酸素分圧依存性。酸素分圧を高めると欠陥が消滅することを明確に示している。

### (4) High-k/Geスタックの界面酸化過程

Ge 基板の上にスパッタリングにより High-k 膜を堆積したのちにこれを 600°C で酸化し、界面に GeO<sub>2</sub> 膜を成長させた。その結果、High-k 材料として HfO<sub>2</sub> を用いるよりも、LaLuO<sub>3</sub> のような希土類系酸化物を用いる方が電気特性を大幅に向上させられることが明らかとなった。特に LaLuO<sub>3</sub> の場合の CV 特性は GeO<sub>2</sub>/Ge で得られる特性を上回るほど優れており(図6)、LaLuO<sub>3</sub> の共存により界面の質が向上することが明らかとなった。

LaLuO<sub>3</sub> の共存が界面特性を向上させる理由はまだ明らかではないが、可能性は2つある。

Ge の界面に成長した GeO<sub>2</sub> 層の組成をバックサイド SIMS により解析したところ、この界面層には La や Lu が多く混在していることがわかり、これが界面や界面層中の欠陥を減らす役割を持つ可能性がある。また、LaLuO<sub>3</sub> が存在する時には GeO 脱離による膜厚減少が抑制されることから、脱離による界面劣化を防ぐ効果も考えられる。

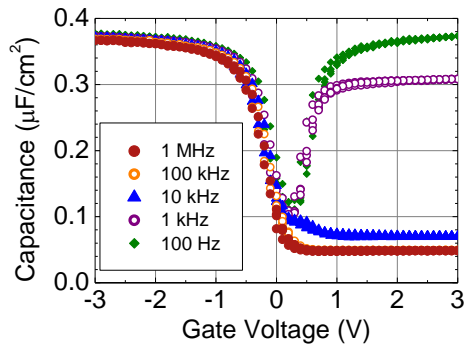


図6 Au/LaLuO<sub>3</sub>/GeO<sub>2</sub>/GeのMISキャパシタのCV特性。LaLuO<sub>3</sub>堆積後にGeとの界面にGeO<sub>2</sub>層を成長させると極めて良好なCV特性が得られることを発見。

以上の(1)～(4)の各項目で述べた成果を総合すると、本研究の当初の目的はほぼ完全に達成されたと言える。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

- 1) 李忠賢, 西村知紀, 喜多浩之, 長汐晃輔, 鳥海 明, 「GeO<sub>2</sub>/Ge 界面制御による Ge-nMOSFETs の電子移動度の向上—Si ユニバーサルカーブを超える移動度特性の実証—」電子情報通信学会技術研究報告 109 (408) pp. 13-16 (2010).
- 2) C. H. Lee, T. Tabata, T. Nishimura, K. Nagashio, K. Kita, and A. Toriumi, "Ge/GeO<sub>2</sub> Interface Control with High-Pressure Oxidation for Improving Electrical Characteristics" Appl. Phys. Express, 2, 071404 (2009).
- 3) K. Kita, S. K. Wang, M. Yoshida, C. H. Lee, K. Nagashio, T. Nishimura and A. Toriumi, "Comprehensive Study of GeO<sub>2</sub> Oxidation, GeO Desorption and GeO<sub>2</sub>-Metal Interaction. Understanding of Ge Processing Kinetics for Perfect Interface Control-, 2009 IEEE International Electron Device Meeting (IEDM), pp.693-696 (2009).
- 4) C. H. Lee, T. Nishimura, N. Saido, K. Nagashio, K. Kita and A. Toriumi,

"Record-high Electron Mobility in Ge n-MOSFETs Exceeding Si Universality," , 2009 IEEE International Electron Device Meeting (IEDM), pp.457-460 (2009).

- 5) K. Kita, C. H. Lee, T. Nishimura, K. Nagashio and A. Toriumi, "Control of Properties of GeO<sub>2</sub> Films and Ge/ GeO<sub>2</sub> Interfaces by the Suppression of GeO Volatilization", ECS Trans. 19 (2) pp.101-116 (2009).
- 6) C.H.Lee, T.Tabata, T.Nishimura, K. Nagashio, K. Kita and A. Toriumi, "Ge/GeO<sub>2</sub> Interface Control with High Pressure Oxidation for Improving Electrical Characteristics", ECS Trans. 19 (1) pp.165-173 (2009).
- 7) K. Kita and A. Toriumi, "Origin of Electric Dipoles Formed at High-k/SiO<sub>2</sub> Interface", Appl. Phys. Lett. 94, 132902 (2009).
- 8) K. Kita, C. H. Lee, T. Nishimura, K. Nagashio, and A. Toriumi, "Study of Kinetic Behaviors of GeO in GeO<sub>2</sub>/Ge Stacks", ECS Trans. 16 (5) pp.187-194 (2008).
- 9) Tabata, C. H. Lee, K. Kita, and A. Toriumi, "Impact of High Pressure O<sub>2</sub> Annealing on Amorphous LaLuO<sub>3</sub>/Ge MIS Capacitors", ECS Trans. 16 (5) pp.479-486 (2008).
- 10) K. Kita, T. Takahashi, H. Nomura, S. Suzuki, T. Nishimura, and A. Toriumi, "Control of high-k/germanium interface properties through selection of high-k materials and suppression of GeO volatilization", Appl. Surf. Sci. 254, 6100 (2008).
- 11) K. Kita, S. Suzuki, H. Nomura, T. Takahashi, T. Nishimura, and A. Toriumi, "Direct Evidence of GeO Volatilization from GeO<sub>2</sub>/Ge and Impact of Its Suppression on GeO<sub>2</sub>/Ge Metal-Insulator-Semiconductor Characteristics", Jpn. J. Appl. Phys. 47, 2349 (2008).
- 12) T. Takahashi, T. Nishimura, L. Chen, S. Sakata, K. Kita and A. Toriumi, "Proof of Ge-Interfacing Concepts for Metal/High-k/Ge CMOS -Ge-intimate Material Selection and Interface Conscious Process Flow", 2007 IEEE International Electron Device Meeting (IEDM), pp. 697-700 (2007).
- 13) K. Kita, S. Suzuki, H. Nomura, T. Takahashi, T. Nishimura, and A. Toriumi, "Dramatic Improvement of GeO<sub>2</sub>/Ge MIS Characteristics by Suppression of GeO

- Volatilization”, ECS Trans., 11 (4) pp. 461-469 (2007).
- 14) 喜多浩之, 能村英幸, 鈴木翔, 高橋俊岳, 西村知紀, 鳥海明「Ge/High-k膜の界面反応に着目した電気特性の制御」電子情報通信学会技術研究報告 107 (85) pp.85-90 (2007).
- [学会発表] (計 27 件)
- 1) 喜多浩之, 西村知紀, 李 忠賢, アルザキア フアド, 長汐晃輔, 鳥海 明「GeO<sub>2</sub> MIS スタックのフラットバンド電圧に対する GeO<sub>2</sub>/メタル界面の影響」第 57 回応用物理学関係連合講演会 (2010 年 3 月 18 日, 平塚市).
  - 2) 李 忠賢, 西村知紀, 長汐晃輔, 喜多浩之, 鳥海 明 「GeO<sub>2</sub> 形成時の高圧酸化と 1 気圧酸化の本質的な違い - バルク GeO<sub>2</sub> 膜と GeO<sub>2</sub>/Ge 界面の独立な制御 -」第 57 回応用物理学関係連合講演会 (2010 年 3 月 18 日, 平塚市).
  - 3) 吉田まほろ, 喜多浩之, 李 忠賢, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海 明 「高圧 O<sub>2</sub> 熱処理が Ge/GeO<sub>2</sub> に及ぼす影響」第 57 回応用物理学関係連合講演会 (2010 年 3 月 18 日, 平塚市).
  - 4) 王 盛凱, 喜多浩之, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海明 「低圧酸素雰囲気下における Ge 表面の活性化」第 57 回応用物理学関係連合講演会 (2010 年 3 月 18 日, 平塚市).
  - 5) 吉田まほろ, 喜多浩之, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海明 「UV 分光エリプソメトリを用いた複素屈折率測定に基づく Ge 上 GeO<sub>2</sub> 薄膜の欠陥評価」応用物理学会 薄膜・表面物理分科会/シリコンテクノロジー分科会共催 特別研究会「ゲートスタック研究会 -材料・プロセス・評価の物理-」 (2010 年 1 月 22 日, 三島市).
  - 6) 王盛凱, 喜多浩之, 田畑俊行, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海明 「Ge/GeO<sub>2</sub> 界面から脱離する GeO の TDS による解析」応用物理学会 薄膜・表面物理分科会/シリコンテクノロジー分科会共催 特別研究会「ゲートスタック研究会 -材料・プロセス・評価の物理-」 (2010 年 1 月 22 日, 三島市).
  - 7) S. K. Wang, K. Kita, C. H. Lee, T. Tabata, K. Nagashio, T. Nishimura and A. Toriumi, ” Kinetic Study of GeO Desorption from Ge/GeO<sub>2</sub> System” 40th IEEE Semiconductor Interface Specialists Conference (2009 年 12 月 3 日, Arlington).
  - 8) M. Yoshida, K. Kita, K. Nagashio, T. Nishimura and A. Toriumi, ” Sub-gap Formation and Its Annihilation in Energy Band Gap of GeO<sub>2</sub> by Changing O<sub>2</sub> Pressure in PDA Process” 40th IEEE Semiconductor Interface Specialists Conference (2009 年 12 月 3 日, Arlington).
  - 9) K. Kita, M. Yoshida, T. Nishimura, K. Nagashio and A. Toriumi, “Spectroscopic Ellipsometry Study on Defects Generation in GeO<sub>2</sub>/Ge stacks”, 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (2009 年 10 月 9 日, 仙台市).
  - 10) S. K. Wang, K. Kita, T. Nishimura, K. Nagashio and A. Toriumi “<sup>18</sup>O isotope tracing of GeO Desorption from GeO<sub>2</sub>/Ge Structure”, 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (2009 年 10 月 9 日, 仙台市).
  - 11) C. H. Lee, T. Nishimura, T. Tabata, K. Nagashio, K. Kita and A. Toriumi “High Electron Mobility Ge n-Channel MOSFETs with GeO<sub>2</sub> grown by High Pressure Oxidation” 2009 International Conference on Solid State Devices and Materials (2009 年 10 月 9 日, 仙台市).
  - 12) 喜多浩之, 吉田まほろ, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海 明 「GeO<sub>2</sub> 膜のサブギャップ光吸収と GeO 脱離量の関連の考察」第 70 回応用物理学会学術講演会 (2009 年 9 月 11 日, 富山市).
  - 13) 王 盛凱, 喜多浩之, 李 忠賢, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海 明 「Ge/GeO<sub>2</sub> からの GeO 脱離における活性化エネルギーの TDS による評価」第 70 回応用物理学会学術講演会 (2009 年 9 月 11 日, 富山市).
  - 14) 吉田まほろ, 喜多浩之, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海 明 「GeO<sub>2</sub> 膜のアニール後に観測されるサブギャップ抑制のための高圧酸素圧力の定量化」第 70 回応用物理学会学術講演会 (2009 年 9 月 11 日, 富山市).
  - 15) 李 忠賢, 西村知紀, 長汐晃輔, 喜多浩之, 鳥海 明 「Ge 高圧酸化における GeO 脱離抑制に対する全圧と分圧の違い」第 70 回応用物理学会学術講演会 (2009 年 9 月 11 日, 富山市).
  - 16) K. Kita, C. Lee, T. Nishimura, K. Nagashio, and A. Toriumi, “Control of Properties of GeO<sub>2</sub> Films and Ge/GeO<sub>2</sub> Interfaces by the Suppression of GeO Volatilization”, 215th Meeting, The Electrochemical Society (2009 年 5 月 25 日, 米国 San Francisco 市). 招待講演
  - 17) 喜多浩之, 李忠賢, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海明 「高圧酸化による GeO<sub>2</sub> 膜中欠陥の抑制効果の分光エリプソメトリーによる観察」第 56 回応用物理学関係連合講演会 (2009 年 3 月 31 日, つくば市).
  - 18) T. Nishimura, C. H. Lee, K. Kita, K. Nagashio, and A. Toriumi, “Study of



- Electron Mobility of Ge n-MOSFETs with High Pressure Oxidized GeO<sub>2</sub>” 2008 International Workshop on Dielectric Thin Film for Future ULSI Devices (2008年11月6日, 東京).
- 19) K. Kita, C. H. Lee, T. Nishimura, K. Nagashio, and A. Toriumi “Study of Kinetic Behaviors of GeO in GeO<sub>2</sub>/Ge Stacks”, Pacific Rim Meeting on Electrochemical and Solid-State Science (2008年10月15日, 米国Honolulu市)招待講演.
- 20) K. Kita, T. Nishimura, K. Nagashio, and A. Toriumi, “Control of interface properties of high-k/Ge with GeO<sub>2</sub> interface layer”, 2008 International Conference on Solid State Devices and Materials (2008年9月24日, つくば市)招待講演.
- 21) 喜多浩之, 西村知紀, 長汐晃輔, 鳥海明「熱処理による GeO<sub>2</sub> 膜の劣化過程の分光エリプソメトリーによる観察」第69回応用物理学会学術講演会(2008年9月4日, 春日井市).
- 22) 鳥海 明, 喜多浩之 「Ge/絶縁膜およびGe/金属界面を制御した Ge-MOSFET 技術」第55回応用物理学関係連合講演会 (2008年3月28日 習志野市) .
- 23) A. Toriumi, T. Nishimura, K. Kita and T. Takahashi, “On the Control of GeO<sub>2</sub>/Ge and Metal/Ge Interfaces for Metal Source/drain Ge CMOS”, 2007 Materials Research Society Spring Meeting (2008年3月27日, 米国 San Francisco 市).
- 24) 喜多浩之, 鈴木翔, 能村英幸, 高橋俊岳, 西村知紀, 鳥海明 「GeO<sub>2</sub>/Ge 界面からの GeO 脱離の抑制による GeO<sub>2</sub>/Ge 界面特性の向上」応用物理学会薄膜・表面物理分科会・シリコンテクノロジー分科会共催特別研究会第13回ゲートスタック研究会 (2008年1月14日 三島市) .
- 25) K. Kita, T. Takahashi, H. Nomura, S. Suzuki, T. Nishimura, and A. Toriumi, “Control of High-k / Ge Interface Properties through Selection of High-k Materials and Suppression of GeO Volatilization”, Fifth International Symposium on Control of Semiconductor Interface (2007年11月14日, 八王子市)招待講演.
- 26) K. Kita, S. Suzuki, H. Nomura, T. Takahashi, T. Nishimura and A. Toriumi, “Dramatic Improvement of GeO<sub>2</sub>/Ge MIS Characteristics by Suppression of GeO Volatilization”, 212th Meeting of The Electrochemical Society (2007年10月10日, 米国 Washington, D. C.).
- 27) S. Suzuki, K. Kita, H. Nomura, T. Nishimura, and A. Toriumi, “Direct Evidence of GeO Volatilization from GeO<sub>2</sub> Films and Impact of Its Suppression on GeO<sub>2</sub>/Ge MIS Characteristics”, 2007 International Conference on Solid State Device and Materials (2007年9月19日, つくば市).

〔図書〕(計1件)

- 1) A. Toriumi, K. Kita, M. Toyama and H. Nomura, “Interface Properties of High-k Dielectrics on Germanium”, in “Advanced Gate Stacks for High-Mobility Semiconductors”, A. Dimoulas, E. Gusev, P. C. McIntyre and M. Heyns (ed.), Springer, 2007, pp.257-267.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.adam.t.u-tokyo.ac.jp/top.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

喜多 浩之 (KITA KOJI)

東京大学・大学院工学系研究科・准教授

研究者番号：00343145

### (2) 研究分担者

なし

### (3) 連携研究者

なし