

令和 3 年 6 月 8 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03830

研究課題名(和文) 界面構造制御によるフェルミレベルピニングの開放

研究課題名(英文) Depinning of Fermi Level by Interface Structure Control

研究代表者

小池 淳一 (Koike, Junichi)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：10261588

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,100,000円

研究成果の概要(和文)：金属シリサイドの形成速度を抑制するためにCo-Ti添加が有用であることを見出した。CoSiはSiとエピタキシー関係を有し、酸化物を重ねて形成することでSBHを0.7eVから0.3eVに低減できた。また、SiO₂の代わりに、バンドオフセットが小さいTiO₂およびTiNbO₂を用いることで、恒常的に0.3eV程度のSBHを得ることができたが、酸化膜自体の抵抗が高いため、みかけの接触抵抗率が高いまだだった。n型GaNに対しては、-Ga₂O₃をGaNに形成すると、エピタキシー関係によるDIGSの低減と絶縁性酸化物であることによるMIGSの低減によって、通常より3桁低い接触抵抗率を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

金属と半導体の界面を整合界面にすること、バンドオフセットが小さい酸化物を利用することでショットキー障壁高さが低減できるが、酸化物の抵抗が高いことによる接触抵抗率の高止まりを明確に示した。また、良導体酸化物を利用することの可能性を示した。さらに、GaNにおいて界面構造欠陥由来(DIGS)と金属由来(MIGS)の界面準位を一挙に低減できる酸化物として -Ga₂O₃の有効性を示した。このように、界面整合性、金属電子の染み出し、界面層の抵抗がSBHと接触抵抗率に及ぼす影響を一つずつ解明し、今後の超微細高速半導体デバイスコンタクト材料開発の先鞭をつけた。

研究成果の概要(英文)：We found that Co-Ti can decrease the growth rate of Co monosilicide (CoSi) that had an epitaxial relation with Si. By overlaying SiO₂, SBH could be decreased from 0.7 to 0.3 eV. When TiO₂ or TiNbO₂ was used in place of SiO₂, their small band offset could bring about a low SBH of 0.3 eV consistently. However, apparent contact resistivity remained high because of their high resistance. We also investigated the contact property of n-GaN. The growth of epitaxial Ga₂O₃ oxide on GaN could reduce DIGS, while the insulating property of the oxide could reduce MIGS, which brought about a very low SBH of 0.1 eV and three-orders lower contact resistivity than the samples without the oxide.

研究分野：材料工学

キーワード：半導体 金属 界面 コンタクト 抵抗

1. 研究開始当初の背景

トランジスタやメモリなどの微細化の進展に伴って、金属/半導体界面におけるコンタクト抵抗 (R_C) を低減することが求められている。それには二つの方法がある。半導体中の不純物ドーピング濃度 (N_D) の増加とショットキー障壁高さ (SBH) の減少である。近年のイオン注入技術とレーザーフラッシュアニール技術の発展によって N_D は最大固溶濃度に到達しようとしており、 N_D 増加による R_C の低減は限界が見えている。一方で、 SBH はフェルミ準位 (E_F) のピンニングによって固定化されているため、任意に制御することが困難である。 E_F ピニングの要因と考えられているのが、欠陥誘起ギャップ準位 (Defect Induced Gap State, DIGS) の存在と金属誘起ギャップ準位 (Metal Induced Gap State, MIGS) の存在である。 E_F ピニングを開放して SBH の制御を可能にするためには、DIGS と MIGS を失くすことが必要である。 E_F をピンニング状態から解放できれば、与えられた半導体に対して金属種を変えることで SBH を任意に制御することが可能となる。よって、本研究では、エピタキシーシリサイドと酸化物を界面に形成して DIGS と MIGS の同時消失による E_F ピニングの完全開放を目指す。

シリサイドを形成するコンタクト材料としては、Co、Ni、Ti がある。それぞれの金属のシリサイド形成挙動を図 1 に示す。Ni は従来材料であるが、トランジスタが微細化するに伴ってシリサイド成長が速いためにゲート下部まで侵入しトランジスタのリークを誘発する問題がある。一方、Ti でシリサイドを形成するには温度が高すぎるため適していない。Co はこれらの中間にあり、従来のシリサイド形成温度において利用できる可能性がある。しかし、Co シリサイド形成挙動については FinFET のような微細トランジスタに利用できる情報は報告されていない。

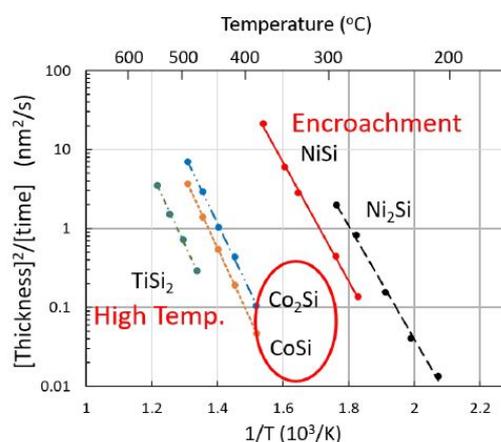


図 1 Ni, Co, Ti シリサイド形成速度の温度依存性

2. 研究の目的

本研究では、エピタキシーシリサイド層と酸化物層、およびこれらの積層によるギャップ準位の除去効果を定量的に評価するとともにその機構を解明し、 E_F ピニングを開放することによって SBH の任意制御を可能にすることを目的とする。

3. 研究の方法

- (1) エピタキシーシリサイドの成長挙動の制御
シリコン基板上に Co を成膜して、熱処理によるエピタキシーシリサイドの形成挙動を調査した。Co と Si の間に Co-25at.%Ti を成膜し、シリサイド形成挙動に及ぼす影響を調査した。
- (2) 酸化膜の形成による SBH の低減
Si ウェハを高温大気中に暴露して、種々の厚さの酸化膜を Si 表面に形成した。この上に Co-Ti 合金、さらに Co を成膜し、熱処理前後の SBH を測定した。さらに、上記サンプルにおいて酸化膜に隣接する部分の Si を STEM-EELS を用いて分析し、Si の L 端の強度よりギャップ準位の有無を調べた。
- (3) SiO₂、TiO₂、Nb ドープした TiO₂ による界面準位密度と SBH の制御
Si 表面に酸化膜を形成することでギャップ準位密度を低減できたので、伝導帯下端とのバンドオフセットが小さい TiO₂ を形成することで SBH 低減の可能性を調べた。また、TiO₂ に Nb をドープした Ti_{0.9}Nb_{0.1}O₂ (TNO) 膜を形成し、界面準位密度と SBH への影響を調べた。
- (4) n-GaN におけるフェルミレベルピンニングとエピタキシー酸化物の形成による SBH の低減
Si で得られた知見をもとに、高性能の HEMT として注目されている GaN に着目し、仕事関数が異なる 10 種類の金属でコンタクト電極を成膜し、フェルミレベルピンニングの度合いを調査した。Si の場合はエピタキシーシリサイド層と酸

化物層を積層することでギャップ準位密度の低減を狙ったが、GaN の場合は Ga₂O₃ が GaN に対してエピタキシャル成長をすることが分かっており、n-GaN に対するバンドオフセットも小さい。このことを利用して、GaN を熱酸化して Ga₂O₃ のエピタキシャル成長を試み、Ga₂O₃ 単層によってエピタキシーシリサイドと酸化物の二層と同等の効果を得ることを狙った。

4. 研究成果

(1) エピタキシーシリサイドの成長挙動の制御

図 2 に Co/Co-Ti 合金/Si サンプルの熱処理後の断面 TEM 写真を示す。各領域から得た FFT パターンと EDX により測定した組成分布の結果によれば、Co 側から Co-Si-Ti からなる非晶質層、CoSi 層、Si ウェハとなっている。図 3 に、550°C において熱処理を行い、熱処理時間の増加に伴う反応層の厚さを示す。Co/Co-Ti 合金/Si の場合は断面 TEM で測定した実測値であり、Co/Si の場合は、図 1 の実験結果に基づいて計算した値である。Co-Ti 合金層を界面に有することによって、熱処理による CoSi の成長が大幅に抑制されていることが分かる。また、熱処理前の Co-Ti 合金層に含まれる Co と熱処理後の CoSi 層に含まれる Co は同量であった。このことから、Co-Ti 合金中の Co 全量が CoSi 層の形成に費やされるとともに、Si が Co-Ti 合金層へと相互拡散して Co-Si-Ti 層を形成したと思われる。

この抑制効果をもたらした原因は Co-Ti 合金層が熱処理によって Co-Si-Ti からなる非晶質層を形成したことである。この非晶質層の特徴を放射光を光源とする EXAFS を用いて詳細に調べた。候補となる化合物群のうちで最も良いフィッティング結果を与えたのはフルホイスラー型の構造を有する Co₂TiSi 三元化合物であった。観察された構造は非晶質であるが、近接原子間距離は Co₂TiSi のそれと良く一致し、非晶質層が短範囲規則構造を有しているものと思われる。この緻密な構造が原因で Co 薄膜と Si ウェハの継続的な反応を抑制したと考える。この成果によって、Co-Ti 合金層を Co/Si 界面に形成することで、Ni において見られたような Encroachment 減少とゲート・ドレインリークを防止する方策が見出された。しかし、エピタキシーシリサイドを限定した厚さで形成しても、SBH は 0.75eV に留まっていた。よって、次項では Si 表面を酸化した MIS 構造にして SBH の低減を試みた。

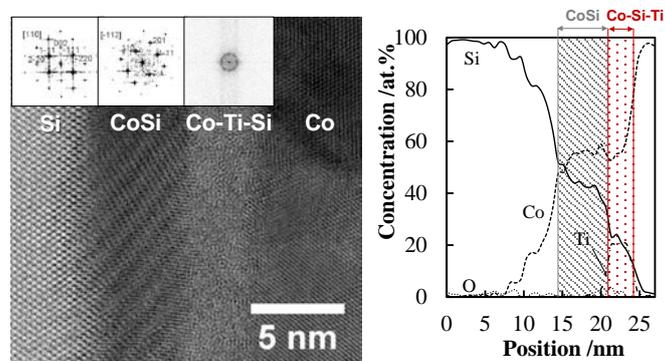


図 2 Co/Co-25at.%Ti/Si の熱処理後の断面 TEM による組織と EDX による組成分布

(2) 酸化膜の形成による SBH の低減

フッ酸で Si 表面の酸化膜を除去した後に、大気中で加熱して厚さが異なる酸化膜を形成し、Co-Ti/Co を成膜した。Si ウェハは n 型と p 型の両方を用いた。これらのサンプルを熱処理し、熱処理時間に応じた SBH の変化を測定した。得られた結果を図 4 に示す。左から酸化膜なし、酸化膜あり (1.3nm、2.5nm) の断面 TEM 写真と、n 型 p 型のそれぞれにおける SBH の変化を示した。

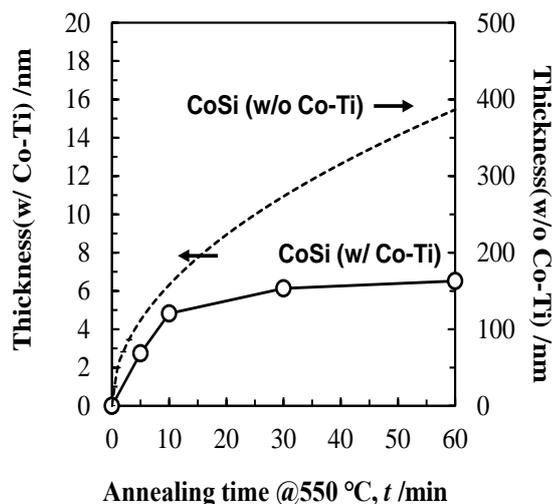


図 3 Co-Ti 層の有無による CoSi 層の成長挙動の違い

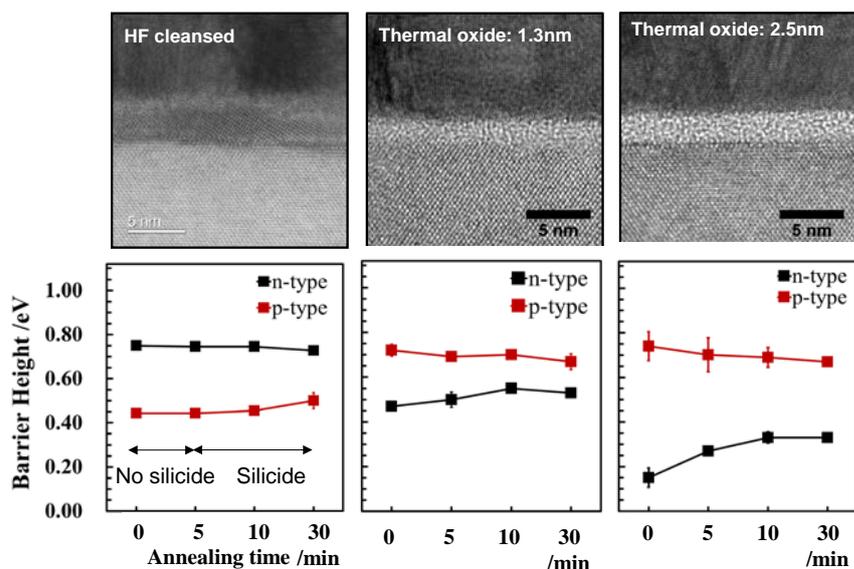


図4 SiO₂ 膜厚の変化による Co/Co-Ti 電極と n 型および p 型 Si の界面組織と SBH の変化

酸化膜がない場合は、5 分以下の熱処理では CoSi は形成されず、10 分以上の熱処理で CoSi が形成された。しかし、SBH に顕著な変化は見られない。酸化膜を形成して厚さを増加すると、n 型 Si に対する SBH は 0.52、0.30eV と減少し、p 型に対する SBH は 0.70、0.70eV であった。n 型と p 型の SBH の和は Si のバンドギャップ(1.1eV)になっているべきだが、実際にそのようになっており、測定結果の妥当性を示している。このように、厚さが 2.5nm の SiO₂ を界面に形成した MIS 構造によって SBH の顕著な減少が生じることが分かった。

その原因として、酸化物による MIGS の低減とエピタキシーシリサイド (CoSi) による DIGS の低減が考えられる。このことを確認するために、STEM-EELS を用いて界面に沿って公称直径が 0.5nm の電子線を走査し、Si-L 吸収端のスペクトル強度を測定した。結果を図 5 に示す。SiO₂ がなく、熱処理をしていないサンプルにおいては、Si 界面 (2) の場所において吸収端に微弱な強度が観測され、ギャップ準位が存在することを示している。一方で SiO₂ を 2.3nm 形成したサンプルにおいては、この微弱な強度は見られる、ギャップ準位の存在は確認できない。この方法によれば、MIGS か DIGS かの区別はできないものの、エピタキシーシリサイドの形成と SiO₂ の形成によって、ギャップ準位密度が低減できることが明らかになった。

しかし、接触抵抗率を測定すると、SiO₂ 膜が厚くなるに伴って増加することが明らかになった。I-V データを分析したところ、SiO₂ を通しての通電機構は Fowler-Nordheim 則に従うことがわかった。すなわち、熱的励起を伴うトンネリングが生じており、絶縁層の SiO₂ が厚くなることでトンネリングが生じにくくなっている。よって、n 型 Si の伝導帯下端とのバンドオフセットが小さい TiO₂ を選択して同様の実験を行った。

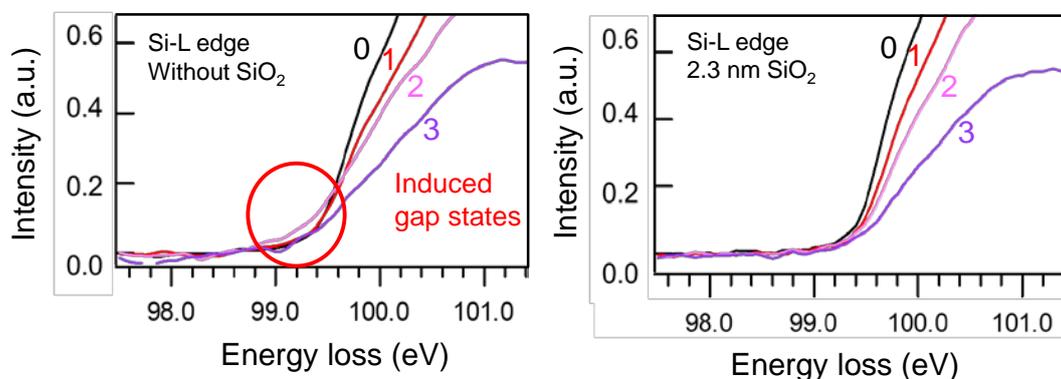


図5 SiO₂ 層なしと有りの場合の Si 界面における Si の L 吸収端スペクトル

(3) TiO₂、Nb ドープした TiO₂ による界面準位密度と SBH の制御

Si 表面を HF で洗浄して自然酸化物を除去したのちに、TiO₂ または TiNbO₂ を厚さが 1nm または 3nm に成膜し、その上に Co-Ti/Co を成膜してサンプルとした。

サンプルは成膜ままのものに加えて、微量酸素 ($P_{O_2}=10^{-3}\text{Pa}$) 含有雰囲気において 400°C で 30 分の熱処理を行ったものも作製した。界面層が TiO_2 の場合は、SBH が $0.32\sim 0.42\text{eV}$ であり、恒常的に低い SBH を得ることができた。 TiO_2 に Nb をドープした TiNbO_2 の場合は、熱処理後の SBH が $0.21\sim 0.25\text{eV}$ であり、さらに低減することができた。このことは TiO_2 のバンドオフセットが小さいことに起因している。一方で、 $2\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ のドープ濃度をもつ n-Si を用いて接触抵抗率を測定したところ、どのサンプルでも $10^{-6}\ \Omega\text{cm}^2$ 以上であり、通常のコンタクトの二桁ほど高い値となった。 TiO_2 および TiNbO_2 膜の抵抗率を測定したところ、 $10^{-2}\ \Omega\text{cm}$ の範囲であり、報告されている $10^{-4}\ \Omega\text{cm}$ には届かなかった。SBH を低減することは酸化物の電子親和力をシリコンのそれと合わせることで低減可能であるが、接触抵抗率を低減するためには酸化物自体の抵抗を下げる必要がある。

(4) n-GaN におけるフェルミレベルピニングとエピタキシー酸化物の形成による SBH の低減

GaN は SiC と同様にワイドギャップ半導体としてパワーモジュール用途や、電子易動度が速いため HEMT のチャネル材料としても注目されている。GaN に対するコンタクト金属の研究は多数の報告があるが、殆どが Ti/Au をベースにしたものであり、多様な金属に選択肢を広げた研究は限られている。本プロジェクトにおいて、酸化物絶縁層で MIGS を低減し、エピタキシーシリサイドで DIGS の低減を狙って研究を実施してきたが、この考え方を GaN に適用すると、従来材料にはない優れた性能が期待できることが明らかになった。具体的には、GaN は Si と同様に大気中で加熱することで結晶性または非晶質の Ga_2O_3 酸化膜を形成できるとともに、結晶性の $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ の場合は、下地の GaN とエピタキシー関係をもって成長させることが可能である。さらに、n-GaN の伝導帯下端に対して $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ とのバンドオフセットがたかだか 0.1eV である。このように、 $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ 単層で、 SiO_2/CoSi 二層の特徴を付与できる可能性がある。このため、本プロジェクトの実施期間に GaN におけるフェルミレベルピニングの状況と、MIS 構造によるピニングからの開放、低 SBH、しいては低接触抵抗率が得られるかどうかに関する研究内容を追加した。得られた成果を以下に説明する。

10 種類の金属を n-GaN 上に成膜し、金属薄膜の仕事関数を UPS を用いて測定し、J-V カーブから求めた SBH との関係性を調べた。GaN 基板には $2\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ の Si をドープしてある。図 6 にその結果を示す。S 値は 0.25 であり、電荷中性準位は 4.8eV にあることが分かった。このことは金属のフェルミレベルが強くピニングされていることを示す。接触抵抗率は Ti, Nb, Al において測定可能な値が得られ、これらのうち最も低い接触抵抗率を示した Al を電極として厚さの異なる酸化膜を形成した GaN との接触抵抗率を求めた。その結果を図 7 に示す。 Ga_2O_3 がない場合は $10^{-2}\ \Omega\text{cm}^2$ 程度の非常に高い接触抵抗率を示したが、 Ga_2O_3 の厚さが増加するに伴って接触抵抗率が減少し、 2.5nm 以上において $10^{-5}\ \Omega\text{cm}^2$ の値を示した。また、X 線回折法により Ga 酸化物は結晶性の $\beta\text{-Ga}_2\text{O}_3$ であり、GaN とエピタキシー関係にあることを確認した。

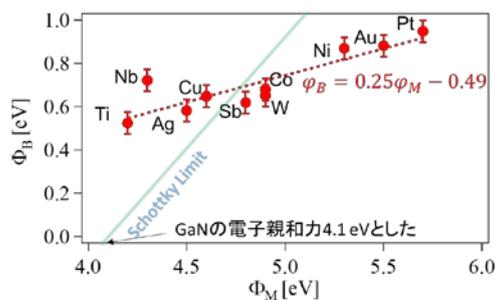


図 6 仕事関数と SBH の関係

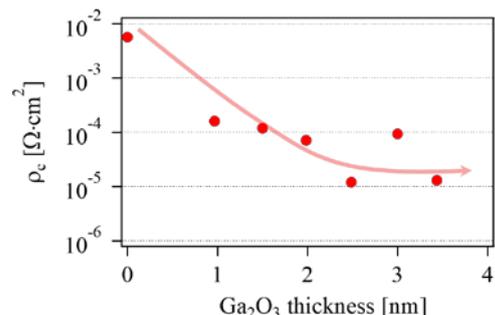


図 7 接触抵抗率と Ga_2O_3 膜厚の関係
(電極は Al)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 10件）

1. 著者名 Linghan Chen, Sushant Kumar, Masataka Yahagi, Daisuke Ando, Yuji Sutou, Daniel Gall, Ravishankar Sundararaman, and Junichi Koike	4. 巻 129
2. 論文標題 Interdiffusion reliability and resistivity scaling of intermetallic compounds as advanced interconnect materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 035301-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0026837	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 該当する
1. 著者名 L. Chen, Q. Chen, D. Ando, Y. Sutou, M. Kubo, and J. Koike	4. 巻 537
2. 論文標題 Potential of low-resistivity Cu2Mg for highly scaled interconnects and its challenges	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 148035-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2020.148035	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 Chen, L., Ando, D., Sutou, Y., Yokogawa, S., Koike, J.	4. 巻 497
2. 論文標題 Liner- and barrier-free NiAl metallization: A perspective from TDDB reliability and interface status	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Surface Science	6. 最初と最後の頁 143810-1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apsusc.2019.143810	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 Chen, L., Ando, D., Sutou, Y., Koike, J.	4. 巻 37
2. 論文標題 CuAl2 thin films as a low-resistivity interconnect material for advanced semiconductor devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Vacuum Science and Technology B: Nanotechnology and Microelectronics	6. 最初と最後の頁 31215-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1116/1.5094404	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 Hatayama, S., Sutou, Y., Ando, D., Koike, J., Kobayashi, K.	4. 巻 52
2. 論文標題 Electrical transport mechanism of the amorphous phase in Cr ₂ Ge ₂ Te ₆ phase change material	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 105103-1-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/aafa94	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 Lin, C., Chou, S.-C., Tso, K.-C., Koike, J., Wu, P.-W	4. 巻 166
2. 論文標題 Conformal deposition of RuO ₂ on Cu via a galvanic cementation reaction	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Electrochemical Society	6. 最初と最後の頁 D476-D482
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1149/2.0061912jes	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 該当する

1. 著者名 Maryamsadat Hosseini, Daisuke Ando, Yuji Sutou, Junichi Koike	4. 巻 189
2. 論文標題 Co and CoTi _x for contact plug and barrier layer in integrated circuits	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microelectronic Engineering	6. 最初と最後の頁 78-84
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.mee.2017.12.017	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 Linghan Chen, Daisuke Ando, Yuji Sutou, Daniel Gall, Junichi Koike	4. 巻 113
2. 論文標題 NiAl as a Potential Material for Liner- and Barrier-Free Interconnect in Ultrasmall Technology Node	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics Letters, 113, 18, 2018, 183503	6. 最初と最後の頁 183503-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5049620	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 該当する

1. 著者名 Junichi Koike, Maryamsadat Hosseini, Daisuke Ando, Yuji Sutou	4. 巻 1
2. 論文標題 New Contact Metallization Scheme for FinFET and beyond	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 2018 IEEE Electron Devices Technology and Manufacturing Conference, EDTM 2018 - Proceedings	6. 最初と最後の頁 169-171
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/EDTM.2018.8421448	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 Junichi Koike, Maryamsadat Hosseini, Hoang Tri Hai, Daisuke Ando, Yuji Sutou	4. 巻 1
2. 論文標題 Material innovation for MOL, BEOL, and 3D integration	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Technical Digest - International Electron Devices Meeting, IEDM	6. 最初と最後の頁 32.3.1-32.3.4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IEDM.2017.8268485	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 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 12件)

1. 発表者名 山田裕貴, 矢作政隆, 小池淳一
2. 発表標題 LSI多層配線単層バリア材料としてのコバルト合金の可能性
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古場治朗, 矢作政隆, 小池淳一
2. 発表標題 金属/GaN界面におけるフェルミレベルピンニング
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久家俊洋, Linghan Chen, 矢作政隆, 小池淳一
2. 発表標題 ライナー・バリアフリー次世代配線材料CuAl2の物理的特性
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山田裕貴, 矢作政隆, 小池淳一
2. 発表標題 熱力学シミュレーションを用いたCo合金単層バリア材料の探索
3. 学会等名 応用物理学会 シリコンテクノロジー分科会 第225回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久家俊洋, 矢作政隆, 小池淳一
2. 発表標題 TaN薄膜のバリア特性の限界
3. 学会等名 応用物理学会 シリコンテクノロジー分科会 第225回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuki Yamada, Masataka Yahagi, and Junichi Koike
2. 発表標題 Thermodynamic Exploration of Co-Alloy Diffusion Barriers for Advanced Cu Interconnect
3. 学会等名 IEEE IITC 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Kuge, M. Yahagi, and J. Koike
2. 発表標題 The structural origin of the minimum diffusion barrier thickness of ultra-thin TaNx
3. 学会等名 IEEE IITC 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小池淳一、チェン リンハン、横川慎二
2. 発表標題 極微細配線の課題解決に向けた金属間化合物の可能性
3. 学会等名 応用物理学会分科会 シリコンテクノロジー (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 陳凌寒, 小池淳一, 安藤大輔, 須藤祐司
2. 発表標題 NiAl as Cu alternative for ultrasmall feature sizes
3. 学会等名 電子情報通信学会 シリコン材料・デバイス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Koike, L. Chen, K. Sato, K. Kido, M. Hosseini, D. Ando, Y. Sutou
2. 発表標題 Local interconnections and contact metallization for 3 nm node
3. 学会等名 IEEE IITC/MAM 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 L. Chen, D. Ando, Y. Sutou, J. Koike
2. 発表標題 Low Resistivity NiAl and CuAl ₂ Thin Films as Copper Alternatives
3. 学会等名 IEEE IITC/MAM 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Koike, L. Chen, D. Ando, Y. Sutou
2. 発表標題 Intermetallic compounds as possible Cu alternatives
3. 学会等名 2019 MRS Spring Meeting & Exhibit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小池淳一
2. 発表標題 Material innovation for MOL, BEOL, and 3D integration
3. 学会等名 International Electron Device Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小池淳一
2. 発表標題 New Contact Metallization Scheme for FinFET and beyond
3. 学会等名 Electron Device Technology Meeting (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小池淳一
2. 発表標題 Co-Ti alloy for BEOL and MOL metallization for advanced technology node
3. 学会等名 Advanced Metallization Conference Asian Session (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小池淳一
2. 発表標題 Co alloy for Middle of Line for Fin FET of sub-7 nm
3. 学会等名 Semicon China (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小池淳一
2. 発表標題 サブ10nm FinFETにおける低接触抵抗の 実現に向けたコバルト合金の特性
3. 学会等名 電子情報通信学会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 城戸光一
2. 発表標題 Contact Resistivity of Co and Co/ CoTi0.25 on p-Si
3. 学会等名 Advanced Metallization Conference Asian Session (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤謙
2. 発表標題 Schottky Barrier Height of Co/CoTi contact on n/p-Si
3. 学会等名 Advanced Metallization Conference Asian Session (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Linghan Chen
2. 発表標題 NiAl as a Potential Material for Liner- and Barrier-Free Interconnect in Ultrasmall Technology Node
3. 学会等名 Advanced Metallization Conference Asian Session (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

東北大学 小池研究室 http://www.koike-lab.jp/

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
---------	---------