

平成 22 年 5 月 20 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20760021
 研究課題名 (和文) サーファクタント効果による選択的な高融点金属シリサイド形成過程のリアルタイム解析
 研究課題名 (英文) Real-time analysis of silicide formation processes of refractory metals controlled by surfactant effects

研究代表者
 大野 真也 (OHNO SHINYA)
 横浜国立大学・工学研究院・特別研究教員
 研究者番号：00377095

研究成果の概要 (和文)：本研究の目的は、酸素や水素が介在するサーファクタント効果により高融点金属のシリサイド形成過程がどのように変化するのかを考察することである。平成 20 年度は、主に走査トンネル顕微鏡を用いた高温観察により Si(001)表面においてチタンと酸素が共存することにより欠陥形成が誘起されることを明らかにした。平成 21 年度は、主に光電子分光を用いて Si(001),Si(311),Si(120)の各面方位におけるチタンシリサイド形成への酸素の影響を系統的に調べた。

研究成果の概要 (英文) The objective of the present research is to investigate surfactant effect of oxygen or hydrogen on silicide formation processes of refractory metals. In 2009, defect formation process on titanium and oxygen coadsorbed Si(001) surfaces was clarified. In 2010, effect of oxygen on titanium silicide formation processes on Si(001), Si(311) and Si(120) surfaces was systematically investigated.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2009 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：表面・界面物性

科研費の分科・細目：薄膜・表面界面物性

キーワード：表面・界面物性, シリコン, 酸化反応, シリサイド, 光電子分光, 走査トンネル顕微鏡

1. 研究開始当初の背景

サーファクタントが介在するシリサイド形成では、構造・組成の変化や、膜質の向上等が実証されているが、その役割や薄膜形成の過程でのダイナミクスは必ずしも十分には解明されていなかった。それらを解明する

ため、シリサイド形成における反応過程をリアルタイムで観測することに着目した。

2. 研究の目的

本課題の目的は、酸素や水素が介在するサーファクタント効果により高融点金属のシ

リサイド形成過程がどのように変化するかを考察することである。

3. 研究の方法

Ti/Si 界面における構造を走査トンネル顕微鏡で、電子状態を光電子分光を用いて解析した。リアルタイム観測の手法として、高温における走査トンネル顕微鏡観察と光学計測を利用した。光学計測においては、表面差分反射分光と反射率差分分光を用いた。実験結果の解析には、Gaussian03 等による第一原理計算手法を活用した。

4. 研究成果

平成 20 年度は、主に走査トンネル顕微鏡を用いた高温観察により Si(001)表面においてチタンと酸素が共存することにより欠陥形成が誘起されることを明らかにした。この欠陥形成は、湾曲したステップ形状やシリサイドの島構造の周囲に形成されるピット構造の要因となっている。また、水素終端した表面上においてはチタンの拡散が阻害されることにより、四角形の平坦なシリサイドの島構造が形成されることを見出した。

平成 21 年度は、主に光電子分光を用いて Si(001), Si(113), Si(120) の各面方位におけるチタンシリサイド形成への酸素の影響を系統的に調べた。本研究により、チタン薄膜直下において室温においても高酸化状態 (Si^{3+} , Si^{4+}) が支配的に形成されることが明らかとなった。この結果は、チタン薄膜が触媒的な作用を果たすことにより酸化促進反応が生じることを示唆している。高酸化状態が形成される主な要因としては、チタンとシリコンの界面において酸素の安定な吸着サイトが増加することが考えられる。面方位依存性に関しても新しい知見が得られた。例えば、Si(120)面においてはチタンの酸化が進行し難いことが分かった。従って、誘電率の高いチタン酸化膜を作製するという観点では Si(120)面よりも Si(001), Si(113)面が適していることになる。

理論的な解析では、Gaussian03 を用いて Ti-O-Si 系における電荷移動と実験で観測された Si2p 状態の化学シフトとの対応関係を解析した。その結果、Ti/Si 界面に存在するシリコン原子の周囲に 3-4 個程度の酸素が吸着した状態が安定に存在し得ることが明らかになった。

本研究から派生した問題として、酸素分子暴露よりも早い速度で進行する酸化過程を系統的に考察することが重要であると考えた。リアルタイム光学計測では、酸化反応とアルカリ金属誘起による酸化反応を考察した。これらの知見を、チタン薄膜直下での

酸化促進反応の研究に応用発展させることが今後の課題として残された。

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 3 件)

① S. Ohno, T. Ochiai, M. Morimoto, T. Suzuki, K. Shudo, M. Tanaka, Reaction kinetics in the rapid oxide growth on Si(001)-(2x1) probed with reflectance difference spectroscopy, Jpn. J. Appl. Phys. (2010) in press. 査読有り

② T. Aoki, K. Shudo, K. Sato, S. Ohno, H. Nishioka, T. Iida, M. Toramaru, M. Tanaka, Modification by H-termination in growth process of titanium silicide on Si(001)-(2x1) observed with scanning tunneling microscopy, Appl. Surf. Sci. 256 (2009) 1191-1195. 査読有り

③ 佐藤和成, 首藤健一, 青木健志, 飯田貴則, 西岡広明, 寅丸雅光, 大野真也, 田中正俊, 酸素存在下における Si(001)-(2x1) 上でのチタンシリサイド形成の走査トンネル顕微鏡 (STM) 観察, J. Vac. Soc. Jpn. 52 (2009) 461-464. 査読有り

[学会発表] (計 18 件)

① 大野真也, 三戸部史岳, 小泉順也, 落合俊之, 鈴木隆則, 首藤健一, 田中正俊 表面差分反射分光と反射率差分分光を用いた Si(001) 酸化膜形成過程と酸化窒化膜形成過程のリアルタイム観測
応用物理学会, 東海大学湘南キャンパス
2010 年 3 月 17-20 日

② 市川雄一, 島津知彦, 大野真也, 首藤健一, 原沢あゆみ, 柿崎明人, 田中正俊 酸素吸着 Ti/Si 表面における高温酸化状態の面方位依存性
真空に関する連合講演会, 学習院大学
2009 年 11 月 4-6 日

③ 大野真也, 落合俊之, 鈴木隆則, 首藤健一, 田中正俊 反射分光による Si(001) 表面における酸化過程と酸化窒化過程の比較検討
真空に関する連合講演会, 学習院大学
2009 年 11 月 4-6 日

④ 青木健志, 首藤健一, 佐藤和成, 大野真也, 田中正俊 酸化 Ti/Si 表面ナノ構造の STM/STS 測定
真空に関する連合講演会, 学習院大学
2009

年 11 月 4-6 日

⑤ 大野真也, 落合俊之, 鈴木隆則, 首藤健一, 田中正俊

Real-time observation of NO reaction processes on Si(001)-(2x1) studied by means of surface reflectance spectroscopy
11th International Conference on Electronic Spectroscopy & Structure, Nara, Japan

2009 年 10 月 6-10 日

⑥ 大野真也, 山崎紀明, 中山史人, 市川雄一, 佐藤和成, 青木健志, 首藤健一, 田中正俊, 奥田太一, 原沢あゆみ, 松田巖, 柿崎明人
酸素吸着 Ti/Si(001)表面の構造と電子状態 II

日本物理学会, 熊本大学黒髪キャンパス
2009 年 9 月 25-28 日

⑦ 青木健志, 首藤健一, 佐藤和成, 大野真也, 田中正俊

Ti/Si 表面のナノ構造と局所電子状態
応用物理学会学術講演会, 富山大学 2009 年 9 月 8-11 日

⑧ 大野真也, 山崎紀明, 中山史人, 市川雄一, 佐藤和成, 首藤健一, 田中正俊, 奥田太一, 原沢あゆみ, 松田巖, 柿崎明人

The effect of oxygen adsorption on titanium silicide formation on Si(001)-(2x1)
European Conference on Surface Science(ECOSS26), Parma, Italy 2009 年 8 月 30 日-9 月 4 日

⑨ 大野真也, 落合俊之, 小泉順也, 三戸部史岳, 鈴木隆則, 首藤健一, 田中正俊

Si(001)表面における O₂, NO, CO 反応過程のリアルタイム光学計測
応用物理学会学術講演会, 筑波大学筑波キャンパス 2009 年 3 月 30 - 4 月 2 日

⑩ 大野真也, 落合俊之, 鈴木隆則, 首藤健一, 田中正俊

Si(001)表面における NO 吸着構造の反射分光による解析
日本物理学会, 立教大学池袋キャンパス
2009 年 3 月 27-30 日

⑪ 落合俊之, 大野真也, 三戸部史岳, 小泉順也, 鈴木隆則, 首藤健一, 田中正俊

Si(001)表面における O₂, NO, CO 反応過程の反射分光による検討
日本物理学会, 立教大学池袋キャンパス
2009 年 3 月 27-30 日

⑫ 中山史人, 山崎紀明, 大野真也, 寅丸雅光, 市川雄一, 山崎貴彦, 首藤健一, 田中正俊, 奥田太一, 原沢あゆみ, 松田巖, 柿崎明人

Electronic states of titanium silicide and titanium-silicon-oxide on Si(001)

International Symposium on Surface Science and Nanotechnology (ISSS-5), International Conference Center, Waseda University, Tokyo 2008 年 11 月 9-13 日

⑬ 佐藤和成, 寅丸雅光, 飯田貴則, 青木健志, 西岡広明, 首藤健一, 大野真也, 田中正俊

STM observation of titanium silicide formation on Si(001)-2x1 in the presence of oxygen

International Symposium on Surface Science and Nanotechnology (ISSS-5), International Conference Center, Waseda University, Tokyo 2008 年 11 月 9-13 日

⑭ 佐藤和成, 飯田貴則, 西岡広明, 青木健志, 首藤健一, 大野真也, 田中正俊

酸素存在下における Si(001)-2x1 上でのチタンシリサイド形成の走査トンネル顕微鏡 (STM) 観察

真空に関する連合講演会, くにびきメッセ
松江市 2008 年 10 月 28-31 日

⑮ 青木健志, 佐藤和成, 西岡広明, 飯田貴則, 首藤健一, 大野真也, 田中正俊

Modification of titanium silicide growth by H-termination on Si(001)-2x1 observed with scanning tunneling microscopy
4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-4), Matsue, Japan 2008 年 10 月 28-31 日

⑯ 山崎紀明, 中山史人, 大野真也, 寅丸雅光, 市川雄一, 山崎貴彦, 首藤健一, 田中正俊, 奥田太一, 原沢あゆみ, 松田巖, 柿崎明人

Effect of oxygen coadsorption on titanium silicide formation on Si(001) studied with photoemission spectroscopy

4th Vacuum and Surface Sciences Conference of Asia and Australia (VASSCAA-4), Matsue, Japan 2008 年 10 月 28-31 日

⑰ 山崎紀明, 中山史人, 大野真也, 寅丸雅光, 市川雄一, 山崎貴彦, 飯田貴則, 佐藤和成, 青木健志, 西岡広明, 首藤健一, 田中正俊, 奥田太一, 原沢あゆみ, 松田巖, 柿崎明人

Si(001)表面における Ti シリサイド形成過程へのサーファクタント効果の検討

日本物理学会，岩手大学上田キャンパス
2008年9月20-23日

⑬大野真也，寅丸雅光，飯田貴則，佐藤和成，青木健志，山崎紀明，中山史人，市川雄一，山崎貴彦，首藤健一，田中正俊，奥田太一，原沢あゆみ，松田巖，柿崎明人
酸素吸着 Ti/Si (001) 表面の構造と電子状態
日本物理学会，岩手大学上田キャンパス
2008年9月20-23日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大野 真也 (OHNO SHINYA)
横浜国立大学・工学研究院・特別研究教員
研究者番号：00377095

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：