

Title	Growth and adsorption of Al on Si (III) surfaces studied by scanning tunneling microscopy
Author(s)	上村, 明
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39165
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	上村 明
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 11922 号
学位授与年月日	平成 7 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	Growth and adsorption of Al on Si(111) surfaces studied by scanning tunneling microscopy (Si(111) 表面上における Al の成長初期過程と吸着の走査型トンネル顕微鏡による研究)
論文審査委員	(主査) 教授 中島 尚男 (副査) 教授 冷水 佐壽 教授 菅 滋正

論文内容の要旨

半導体回路の集積度向上による加工技術の微細化にともなう、金属-半導体界面の原子的尺度での幾何学的、電子的構造の把握が望まれている。本論文は、Si(111) 表面上における Al の、成長初期過程及び表面構造の走査型トンネル顕微鏡 (STM) による研究結果をまとめたものであり、全 5 章から構成されている。

第 1 章では、序論として、本研究の目的及び、過去の Si(111) 表面上の Al の成長と表面構造に関する研究を概説した後、Bardeen の摂動論を用いて STM の基本原理を解説した。

第 2 章では装置及び、具体的な測定手順を示した。

第 3 章では、Si(111) (7×7) 清浄表面と $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 表面上の Al の室温成長初期過程を対比することにより、成長に及ぼす表面原子構造の影響を明らかにした。清浄表面上での Al は (7×7) DAS (dimer-adatom stacking fault) 構造の Si レスト原子と Si アド原子上に吸着し、コーナーホール及び、二量体列を避けながら、 (7×7) 半単位胞の中心にクラスターを形成することがわかった。Al 被覆率の増加に伴って (7×7) 構造は消失し、柱状成長への移行が観察された。さらに α - (7×7) -Al 表面の STM 観察により、清浄表面では (7×7) DAS 構造の Si レスト原子位置が Al 原子にとって最も安定であり、その安定性は、下地 Si 層の積層欠陥の有無に多く依存しないことが明らかになった。一方、Si アド原子上の安定性は、レスト原子上のそれに比べ若干低く、積層欠陥の有無により差を生じた。この清浄表面上の安定性は、室温の Al 成長初期過程と密接に関連付けられることがわかった。これに対し、 $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 表面上の Al 原子は、極微量の段階から二次元核を形成し、沿面成長へ移行することがわかった。さらに初期の二次元核の形状は、下地の $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造に整合するように、 $\langle 110 \rangle$ 方向に原子列をなすことがわかった。このことから、Al 吸着後も $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造は Al/Si 界面に保たれていることがわかり、先に低速電子透過分光法により示唆されていた結果を追認した。

以上のことから、下地 Si 層に積層欠陥を持たない $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 表面上では、積層欠陥の影響を受ける (7×7) 表面上に比べ、良質な Al 薄膜が得られることを示し、高品質な Al 薄膜を得るためには Si(111) 基板表面の原子構造が重要であることを明らかにした。

第 4 章では、Si(111) $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al 表面の幾何学的原子構造について述べた。Hansson や Hamers のモデルでは、 $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al 単位胞を構成する 3 つの Al 原子は、等価な位置に吸着しているのに対して、本研究結果は等価でないことを示した。さらに、 $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al と $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造の境界領域に、原子位置の知られてい

る $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造から格子を外挿することにより $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al 構造の Al 原子位置を定めた。これにより, T_4 , T_1 , H_3 位置の Al 原子で構成される, これまでとは異なる新しいモデルを提案した。

第 5 章では, 本論文の結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は, Si (111) 表面上の Al 成長初期過程に対する表面構造の影響および表面超構造の走査型トンネル顕微鏡 (STM) による実験的研究をまとめたものである。

第一に, Si (111) (7×7) 清浄表面と $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 表面上の Al の室温成長初期過程を対比することにより, 成長に及ぼす表面原子構造の影響を明らかにした。清浄表面上での Al は (7×7) 構造の Si レスト原子と Si アド原子上に吸着し, コーナーホール及び, 二量体列を避けながら, (7×7) 半単位胞の中心にクラスターを形成することを見出した。Al 被覆率の増加に伴って (7×7) 構造は消失し, 柱状成長への移行を観察した。さらに α - (7×7) -Al 表面の STM 観察により, Si レスト原子位置が Al 原子にとって最も安定であり, その安定性は, 下地 Si 層の積層欠陥の有無に依存しないことを明らかにした。一方, Si アド原子上の安定性は, レスト原子上のそれに比べ若干低く, 積層欠陥の有無により差を生じた。この清浄表面上の安定性は, 室温の Al 成長初期過程と密接に関連付けられることを示した。これに対し, $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 表面上の Al 原子は, 極微量の段階から二次元核を形成し, 沿面成長へ移行することを見出した。さらに, 初期の二次元核の形状は, 下地の $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造に整合するように, $\langle 110 \rangle$ 方向に原子列をなすことを明らかにした。このことから, Al 吸着後も $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造は Al/Si 界面に保たれていることと結論している。

以上のことから, 下地 Si 層に積層欠陥を持たない $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 表面上では, 積層欠陥の影響を受ける (7×7) 表面上に比べ, 良質な Al 薄膜が得られることを示し, 高品質な Al 薄膜を得るためには Si (111) 基板表面の原子構造が重要であることを明らかにした。

つぎに, Si (111) $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al 表面の幾何学的原子構造について述べている。Hasson や Hamers のモデルでは, $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al 単位胞を構成する 3 つの Al 原子は, 等価な位置に吸着しているのに対して, 本研究結果は等価でないことを示した。さらに, $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al と $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造の境界領域に, 原子位置の知られている $(\sqrt{3} \times \sqrt{3})$ -Al 構造から格子を外挿することにより $(\sqrt{7} \times \sqrt{7})$ -Al 構造の Al 原子位置を定めた。これにより, T_4 , T_1 , H_3 位置の Al 原子で構成される, これまでとは異なる新しいモデルを提案した。

これ等の研究結果は Si 上への金属のエピタキシャル成長過程および Si 表面構造に多くの知見を与え, 表面物性に大きな貢献をするものである。よって, 本論文は博士 (工学) 論文として, 十分価値あるものと認める。