

氏名・(本籍)	おの の もり みの 史 (東京都)
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	工博甲第 28 号
学位授与の日付	昭 和 61 年 3 月 20 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当 電子科学研究科 電子材料科学専攻
学位論文題目	Si, GaP および GaAs 単結晶清浄表面の構造と銀薄膜の エピタキシー
論文審査委員	(委員長) 萩 野 実 教授 教授 島 岡 五 朗 教授 助 川 徳 三 教授 熊 川 征 司 教授 石 井 仁

論 文 内 容 の 要 旨

半導体と金属との接合界面に起る現象は半導体デバイスの性能に著しい影響を与えることが知られており、接合界面における原子論的な研究が望まれている。本研究では Si, GaP および GaAs 単結晶の種々な結晶面について、超高真空中の加熱処理によって原子的に清浄な表面を作製し、さらにその上に銀薄膜を蒸着してその成長初期過程の表面構造の変化をマイクロチャンネルプレート (MCP) を用いた新しい反射中速電子線回析 (RMEED) 法によりその場観察した。

Si 単結晶 (1 1 1) 清浄表面は、酸化層の保護膜を付けた試料表面を $\sim 1 \times 10^{-7} \text{Pa} (8 \times 10^{-10} \text{Torr})$ の超高真空中で約 $1,100^\circ \text{C}$ 、10分間の加熱処理によって得られた。その表面は正常な格子の 7 倍の長周期の再構成構造 (7×7 超構造) を持っていた。また、得られた Si (1 1 1) 7×7 RMEED パターンでは、分数次のスポットに強度の差が見られ、強いスポットは常に (4/7, 6/7), (4/7, 1), (3/7, 1), (3/7, 8/7) およびそれらと等価な位置に現れ、従来報告されている RHEED の結果とよく対応していた。

さらに、MCP を用いた RMEED 観察では、従来の RHEED による観察では不可能であった中速電子線領域 (5 kV 以下) の明瞭な反射回析像を得ることが可能となった。

Si (1 1 1) 7×7 清浄表面上に成長した銀薄膜の観察の結果、室温基板上で銀を 2～3 原子層蒸着した場合、銀は [1 1 1] 軸を基板面に垂直する繊維構造をとり、これを 850°C で熱処理すると大部分の銀は Si 表面より蒸発し、表面は Si (1 1 1) $\sqrt{3} \times \sqrt{3} \text{R}-30^\circ-\text{Ag}$ の超構造をとって安定化することがわかった。また、このような構造は基板温度 200°C で銀を 1～2 原子層程度蒸着した場合にも観察された。基板温度 200°C 以上では、蒸着初期には Si (1 1 1) $\sqrt{3} \times \sqrt{3} \text{R}$

-Ag の構造を示すが、さらに成長が進むと(膜厚約 20Å 以上), 銀は Stranski-Krastanov(S-K) 型成長モードで, 銀の (1 1 1) 面を基板面に平行にしたエピタキシャル成長(微双晶を含む)をすることがわかった。

GaP 単結晶の方位の異なる 4 つの面 (1 1 1) (Ga 面), ($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$) (P 面), (0 0 1) 面および (0 1 1) 面, さらに GaAs 単結晶 (0 0 1) 面について超高真空中で 300~750°C, 10~30 分間の加熱清浄化処理を行い, それらの表面状態の変化をその場観察した。加熱処理による表面構造の変化は面方位によって異なり, GaP (1 1 1), ($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$) および (0 0 1) 面では {1 1 0} ファセットが生じ表面に凹凸が生じるのに対し, GaP (0 1 1) 面では表面は比較的平坦性を維持し加熱処理に対し他の面より安定であることがわかった。また, GaAs (0 0 1) 面では GaP の場合と同様, 加熱処理により {1 1 0} ファセットを生じることがわかった。

さらに, これらの各面の平坦かつ原子的に清浄な表面の構造は, GaP (1 1 1), ($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$) および (0 1 1) 面では 600~625°C の加熱処理によりバルクと同様な 1×1 構造を, GaP (0 0 1) 面では 2×1 超構造を示した。GaAs (0 0 1) 面では 580~520°C の加熱処理により, c(8×2) 超構造が現れた。また, これら GaP (0 0 1) および GaAs (0 0 1) 清浄表面では, 回折像の湾曲が観察された。この回折像の湾曲は, 表面原子の再配列により生じる表面格子の異方性によることがわかった。

超高真空中で加熱清浄化処理を行ったこれらの面上に室温 ~150°C の基板温度で銀を蒸着した。GaP (1 1 1) および ($\bar{1} \bar{1} \bar{1}$) 面上では銀薄膜は主に多結晶から成っていたが, GaP (0 0 1) 面上では基板の [1 1 0] 方向にのみ規則性を持つ一次元格子が成長した。また, 同様な一次元格子は GaP (0 1 1) 面および GaAs (0 0 1) 面上でも成長した。この様な銀の一次元格子は 200~250°C 以上の基板温度では生ぜず, それぞれ基板に対し平行な方位を持つ銀のエピタキシャル薄膜が得られた。

GaP (0 0 1), (0 1 1) および GaAs (0 0 1) 面上に室温~150°C の基板温度で観察された銀薄膜の一次元格子の成因について, それぞれの基板表面の RMEED による観察結果に対応して考察した。その結果, これらの基板の清浄表面には, すべて格子の異方性が存在することがわかった。従って, 銀の一次元格子はこれらの基板の表面における格子の異方性によって生じることがわかった。

以上, 本研究は半導体 Si, GaP および GaAs 単結晶の原子的に清浄な表面上に成長する銀薄膜の成長初期および界面の構造の変化をその場観察し, これらの銀薄膜のエピキタシー, 特に, 銀の一次元格子の生成とその成因を明らかにしたものである。