

氏名(本籍)	ほ　　じ　　う　　だ　　い　　す　　け 北　　條　　大　　介(北　　海　　道)
学位の種類	博　　士(工　　学)
学位記番号	博　　甲　　第　　3274　　号
学位授与年月日	平成15年7月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	工学研究科
学位論文題目	シリコン単結晶表面の原子ステップ/テラス構造形成と平坦性の量的評価法

主　査	筑波大学教授	工学博士	山　部　紀久夫
副　査	筑波大学教授	工学博士	村　上　浩　一
副　査	筑波大学教授	工学博士	重　川　秀　実
副　査	筑波大学教授	理学博士	名　取　研　二
副　査	産業技術総合研究所総括研究員	理学博士	山　崎　　聡

論　文　の　内　容　の　要　旨

(111) 結晶面を主表面とするシリコン単結晶表面に、1 bilayer の高さをもつ原子ステップと原子的に平坦なテラス面を作成する方法を構築した。つまり、購入後のシリコンウエハを一旦高温で酸化した後、酸化膜を剥離除去し、超低溶存酸素超純水中に浸漬するだけでステップ/テラス構造を簡単に作成することができることを示した。

また、その平坦性を AFM (Atomic Force Microscopy) による各データ点での原子レベルの高さデータを基に、高さヒストグラムを作成する評価方法を提案した。

高さヒストグラムは、単一原子テラス内では単一 Gaussian 分布に、一つの原子ステップにより分割された2つの原子テラスでは1 bilayer 分だけ離れた2つの Gaussian 分布に fitting できることで測定領域内の各原子テラスの占有面積比率を得ることができることを示した。

また、上記、超低溶存酸素超純水によるステップ/テラス構造形成方法を用いることにより、予め形成されたシリコン酸化膜で囲まれた領域内をステップの無い原子的に平坦にすることができることを実証した。これは、シリコン集積回路などにおいても、ゲート酸化直前に原子的平坦な素子領域を形成できることを実証したものであり、本技術の実用性を示したものである。

一方、上記評価法を用いることにより、シリコン表面を熱酸化すると、厳密な layer-by-layer 酸化の場合の2つの peak ではなく、multilayer 酸化での進行を意味する3つ以上の peak に分離されることを見出し、特に酸化温度に依存して、酸化後のシリコン表面の形態は大きく変化することを示した。厳密に layer-by-layer で酸化が進行する場合には、表面形態は維持されるはずであるが、実際には、表面が荒れることを示し、その機構が multilayer 酸化が進行することを実証したものであり、今後、1 - 2nm 程度の極薄シリコン酸化膜が適用されようとしている現在、その微視的描像を示し、その定量評価法が重要になる。

審 査 の 結 果 の 要 旨

感覚的な AFM 画像を量的評価に変換することは、微視的なモデルの発展に役立つ。

シリコン表面の原子ステップをナノ構造形成に利用する報告は他にもあるが、シリコン酸化膜でステップ位置を制御できることを示した例はない。テクノロジーとしては未完成であるが、そのきっかけを示した点では高い評価に値する。また、熱酸化の微視的反応を実験的に捉えた点で評価できる。応力という巨視的な量がどのようにかかわっているのか明確でないというところがあるが、この点は今後の課題として引き継がれることとして問題はない。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。