

氏名	向中野 信 一
授与した学位	博 士
専攻分野の名称	工 学
学位授与番号	博乙第3919号
学位授与の日付	平成16年 3月25日
学位授与の要件	博士の学位論文提出者 (学位規則第4条第2項該当)
学位論文の題目	電子デバイスの機能発現処理プロセスにおける微細構造その場観察
論文審査委員	教授 飛田 守孝    教授 上浦 洋一    教授 高田 潤

#### 学位論文内容の要旨

電子デバイスの機能発現のためには「ナノメートルサイズの物質の構造、特性、生成過程、および負荷がかかった状態での挙動を解明することができる解析技術」「シリコンに代わる半導体を解析することができる技術」を確立することが必要である。シリコン半導体デバイス（LSI）の熱処理プロセスにおける電極材料の拡散など、機能発現を妨げる問題を根本から解決するためには、電極材料の拡散メカニズムを明らかにする必要がある。この場合、実物のデバイスあるいは構造物で実際に起こっている現象をその場観察することが望ましい。しかし、実際に実物で起こっている現象をその場観察する技術は、まだ実現されていなかった。

本研究では、TEMの試料作製技術を工夫することにより必要な視野を確保すると同時に、均一な加熱と熱膨張係数の異なることからくる試料ドリフトを抑制し、高温プロセスにおいて実物の微細構造の変化をその場観察する試料作製技術を成功させた。さらにこのドリフト抑制法を取り入れた試料直接加熱法、および直接加熱を実現する試料ホルダーを開発し、1500℃までの原子レベルで実物の微細構造その場観察を達成した。

上記技術を用いて、実デバイスにおける機能発現に関わるプロセス現象のうち表界面の微細構造に何が起こっているかを解明した。LSIのAl合金/TiN/Ti/Si系多層膜の配線電極におけるTiNバリア特性の界面破壊現象の瞬間を観察することに初めて成功した。さらに、その場観察技術を適用してフィールドエミッションディスプレイなど将来の電子デバイスへの適用が期待されているカーボンナノチューブがSiC表面に成長する初期過程を観察することに初めて成功した。

## 論文審査結果の要旨

信頼性の高い電子デバイスの機能発現のためには「ナノメートルサイズの物質の構造、特性、生成過程、および負荷がかかった状態での挙動を解明することができる解析技術」「シリコンに代わる半導体を解析することができる技術」を確立することが必要である。シリコン半導体デバイス (LSI) の熱処理プロセスにおける電極材料の拡散など、機能発現を妨げる問題を根本から解決するためには、電極材料の拡散メカニズムを明らかにする必要がある。この場合、実物のデバイスあるいは構造物で実際に起こっている現象をその場観察することが望ましい。しかし、実物で起こっている現象をその場観察する技術は、90年代半ば当時実現されていなかった。

本論文では、TEMの試料作製技術を工夫することにより必要な視野を確保すると同時に、熱膨張係数の異なることからくる試料ドリフトを抑制し、高温プロセスにおいて実物の微細構造の変化をその場観察する試料作製技術を成功させた。さらにこのドリフト抑制法を取り入れた試料直接加熱法、および直接加熱を実現する試料ホルダーを開発し、1500°Cまでの原子レベルで実物の微細構造その場観察を達成した。

上記技術を用いて、実デバイスにおける機能発現に関わるプロセス中に起こる現象のうち、最も性能を支配する表・界面を含む微細構造に何が起こっているかを解明した。LSIのAl合金/TiN/Ti/Si系多層膜の配線電極におけるTiNバリア特性の界面破壊現象の瞬間を観察することに初めて成功した。さらに、その場観察技術を適用してフィールドエミッションディスプレイなど将来の電子デバイスへの適用が期待されているナノテクノロジー材料の一つであるカーボンナノチューブ (CNT) がSiC表面に成長する初期過程を観察することに初めて成功した。

このように本論文は、電子デバイスの機能発現のための高温プロセスにおける界面の微細構造変化過程を高温その場観察することによって、現象を解明するための新たな手法を生産現場にも活かされる途を開く技術を提供するものである。また本論文で構築したその場観察法は、CNT成長初期過程等の材料の未知の現象を捉え、新しい機能材料創出に繋がる探索研究を発展させるものであり、その意義は大きい。

よって本論文は博士の学位に十分値するものと認める。