

学位論文内容の要旨

本論文は、国際半導体技術ロードマップ委員会が主導する Si-ULSI の技術開発トレンドに沿って、デバイス・回路サイズの縮小に対応し、新たに導入されるフィールド酸化膜に適合した Cu 配線のための拡散バリアの材料とその成膜手法について実験的検討を行った結果をまとめたものであり、全 7 章より構成されている。

第 1 章は序論であり、Si-ULSI の発展の経緯と Cu 配線への技術的要請、とりわけ、回路サイズの縮小による拡散バリアの極薄化と低抵抗化の必要性について述べている。

第 2 章は、本論文で扱った研究分野に関連する従来の研究についてその重要な概要をとりまとめている。本論文で扱った低抵抗な ZrN 薄膜バリア材料の成膜結果や得られた膜の特性等について研究の歴史的な背景を踏まえて述べており、本論文の背景と位置づけを明確にしている。

第 3 章は、本論文で行った実験的研究に用いた装置や評価の方法等についてまとめて記述してある。

第 4 章以下は本論である。まず、第 4 章では SiO_2 上の ZrN バリアとして 5nm という従来にない極薄バリアを反応性スパッタにより得るための条件を検討し、実際に成膜し、得られたナノ結晶組織の優れたバリア特性を種々の分析手段で評価し、バリアとしての有用性を実証している。

第 5 章では、 SiO_2 に替わる低誘電率フィールド酸化膜である SiOC 膜上での ZrN バリアの有効性を実験的に検討し、基板温度の影響や熱処理による影響を詳細に検討し、ZrN バリアが十分に適用可能なことを実証している。

第 6 章では、今後の更なる低温でのバリア成膜の要請に応えることを見越して、ラジカル反応を用いた、新たな成膜方法を用いて、基板加熱なしで極薄 ZrN バリアの形成を検討し、得られたバリア膜の特性を反応性スパッタによるものと比較して、十分な有効性を検証している。特に、この方法による ZrN バリアは ULSI のウエハレベルでの 3 次元積層に必要な Through Si Via 技術への応用可能性に言及している。

第 7 章は本論文の結論であり、極薄・低抵抗な Cu 配線へのバリアとしての ZrN 薄膜の有用性を種々の実験的検証から結論づけている。

論文審査結果の要旨

本学位請求論文は、シリコン超大規模集積回路におけるCu配線バリアの薄膜材料およびその成膜技術に関連した基礎的研究を取りまとめたものであり7章から構成されている。

配線の微細化、層間絶縁膜の低誘電率化に対応してCuの拡散バリアの極薄化が要請されている。申請者はこの課題に対し、材料科学の見地より、低抵抗率で、不定比化合物としての相安定性に優れたZrN化合物薄膜を提案し、反応性スパッタ法を用いて、その組織をナノ結晶として成膜することによりSiO₂上に5nmの極薄バリアを得て良好なバリア特性を確認している。さらに、このバリアを基本的な低誘電率層間絶縁膜であるSiOC上に成膜し、バリアとしての基本的有効性を確認している。一方、低誘電率層間絶縁膜は誘電率が下がるほど熱的耐性が乏しくなることから、より低温でのZrNバリアの成膜を検討し、活性なラジカル種を用いる新しい成膜方法を提案し、基板加熱なし（実効温度150℃程度）での成膜に成功し、得られたZrNバリアは反応性スパッタによるものと遜色ないバリア特性を有することを確認している。

これを要するに、申請者は、集積回路配線の微細化に対応できる拡散バリアをZrNという材料を用いて、種々の工夫を行い、その極薄化、低抵抗率化、低温成膜等に関する新しい知見を与えたものであり、集積回路技術への貢献および、電子材料工学、薄膜工学へ寄与するところ大である。

よって、申請者は博士（工学）の学位を授与されるに相応と認める。