

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 12768 号
------	---------------

氏 名 宮島 秀史

論 文 題 目

ロジックデバイスにおける低誘電率層間絶縁膜形成プロセスに関する研究

(Study on process engineering of low-k inter-layer-dielectric film for high-speed logic devices)

論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	堀 勝
委員	名古屋大学	教授	豊田 浩孝
委員	名古屋大学	教授	五十嵐 信行
委員	名古屋大学	特任教授	石川 健治
委員	名古屋大学	教授	中塚 理

論文審査の結果の要旨

宮島秀史氏提出の論文「ロジックデバイスにおける低誘電率層間絶縁膜形成プロセスに関する研究」は、大規模集積回路におけるロジックデバイスに焦点を当てている。同デバイスにおいては、高速処理性能に直結する多層配線技術における低誘電率層間絶縁膜の形成プロセスが極めて重要である。本プロセス技術には、プラズマエッチングをはじめとする多様なプラズマ技術が使われており、プラズマによって生じるダメージを低減し、高速の大規模集積回路を実現するためのプロセス技術を体系的に研究した結果をまとめたものであり、全7章から構成されている。

第1章は、序論で、大規模集積回路におけるロジックデバイスおよびそのプロセス技術を概観し、多層配線技術におけるプラズマ技術の位置づけを明確にして、本論文の目的と意義、そして構成について述べている。

第2章では、プラズマ化学気相堆積法を用いて形成した低誘電率SiOF膜は、多層配線プロセスにとって非常に重要な薄膜であったが、吸湿性に富み、膜特性が劣化するという問題があった。この問題を解決するために、同方法によってSiOF膜が形成できる反応機構を解明するとともに、吸湿性が生じる機構をも明らかにした。これらの成果を基に、低誘電率特性の適用限界を示唆した。本成果は、学術面のみならず産業においてもインパクトがあり、国内外で非常に高く評価されている。

第3章では、低誘電率SiOC膜は、優れた層間絶縁膜特性を有しているにもかかわらず、密着性が低いという問題があった。本研究では、SiOC膜形成のプラズマプロセスを洞察することで、リスパッタ膜制御による特性改善技術を発明した。これにより、SiOC膜の特性を大幅に向上させるとともに、プラズマ処理によって生じるレジストポイズンの問題を解決し、高信頼性の量産プロセス技術を開発した。

第4章では、銅と低誘電率薄膜との配線工程の信頼性を上げるために、電子線及び紫外線を照射するプロセス技術を提案している。これらの粒子線照射によって生じる低誘電率薄膜の構造を明らかにすることで、量産プロセスのための集積技術を確認している。

第5章では、プラズマ気相化学堆積法によって、SiOC系の層間絶縁膜を堆積し、これらの構造や電子線キュアによる構造変化などを系統的にまとめている。これにより、集積デバイスプロセスに最適な低誘電率薄膜の構造をデザインするための指標を示すことに成功している。さらに、これらの学術的な知見を基に、実際的な多層配線工程におけるデュアルダマシンの特性を評価し、実際の大規模集積回路へ導入されるに至っている。

第6章では、多孔質の低誘電率薄膜形成に対して、革新的な技術を提案し、その有効性を実証している。従来は、プラズマ誘起損傷を如何に低減できるかという視点で、薄膜のデザインやプロセス技術が構築されてきた。本プロセスでは、プラズマエッチング前に、多孔質の薄膜中の微細な空孔を埋め込んで多孔質状態を無くして、プラズマエッチングによる微細パターン形成を行い、その後、空孔に埋め込んだ物質を取り除くという斬新なプロセス技術を提案している。SiOC膜のプロセスに、この技術を導入し、インテグレーションできるプロセス技術として確立した内容をまとめている。

第7章では、本研究の結果を総括し、今後の課題および展望について述べている。

以上のように、本研究では、大規模集積回路の多層配線技術に必要な不可欠である、低誘電率層間絶縁膜のプラズマ堆積およびエッチングプロセス技術に焦点を当て、プラズマによって誘起される薄膜中のダメージを科学的な手法によって明らかにするとともに、そのダメージを低減するための膜構造への指針とプラズマ技術と他の技術との新規複合プロセスを提案し、実際の量産プロセスへの導入に資する技術の開発を実現した。これらの成果は、学術上、又工業上寄与するところが極めて大きいと判断できる。よって、本論文提出者である宮島秀史氏は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。