

Title	プラズマCVM(Cheical Vaporization Machining)による超精密加工に関する研究 -超薄膜SOI(Silicon on Insulator)ウエハの製作-
Author(s)	佐野, 泰久
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2809
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	佐野 泰久
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 17395 号
学位授与年月日	平成 15 年 1 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	プラズマ CVM (Chemical Vaporization Machining) による超精密加工に関する研究—超薄膜 SOI (Silicon on Insulator) ウエハの製作—
論文審査委員	(主査) 教授 森 勇藏
	(副査) 教授 森田 瑞穂 教授 青野 正和 教授 遠藤 勝義 教授 片岡 俊彦 教授 広瀬喜久治 教授 芳井 熊安 助教授 山村 和也

論文内容の要旨

本論文は、純化学的な加工法であり加工表面に歪層を形成しない加工法でありながら、機械加工に匹敵する加工効率と制御性を有するプラズマ CVM (Chemical Vaporization Machining) を、次世代半導体集積回路用基板として求められている超薄膜 SOI (Silicon on Insulator) ウエハの製作に応用すべく研究開発された一連の研究成果をまとめたものであり、以下の 7 章より構成されている。

第 1 章では、本研究の背景と目的を述べた。

第 2 章では、SOI ウエハを用いたデバイスである SOI MOSFET に関して、その動作原理や特徴を述べ、近い将来、SOI 層の厚さが 10 nm 程度の超薄膜 SOI ウエハが必要となることを述べた。さらに、現在の SOI ウエハの製作方法では、SOI 層の厚さが 10 nm 程度で、均一性が ± 5 % 以内である超薄膜 SOI ウエハの製作は困難であることを述べた。

第 3 章では、機械加工に置き換わる全く新しい概念の化学的加工法であるプラズマ CVM に関して、加工原理や特徴について述べた。さらに、超高精度光学素子や次世代半導体集積回路用基板等を製作するための、数値制御プラズマ CVM 加工装置の開発について述べた。

第 4 章では、数値制御加工を行うための単位加工痕形状や加工量の送り速度依存等の基本加工特性について述べ、高精度な加工を実現するために検討した項目や、計測方法について述べた。その後、SOI 層厚さが約 13 nm の超薄膜 SOI ウエハを試作した結果について述べた。

第 5 章では、プラズマ CVM 加工面のパーティクルと金属汚染評価、加工表面近傍の不純物測定を行い、加工面に MOS ダイオードを試作して評価した。その結果、プラズマ CVM 加工面に形成された MOS 構造は正常に機能することを確認した。

第 6 章では、薄膜化した SOI ウエハ上に MOSFET を形成し、その特性を評価した。数値制御プラズマ CVM によって SOI 層を 60 nm 程度まで薄膜化した 8 インチ SOI ウエハを半導体デバイス製造ラインに投入し、MOSFET を試作した。その結果、熱酸化調整法によって薄膜化した SOI ウエハ上の MOSFET と変わらぬ良好な特性が得られ、プラズマ CVM によって薄膜化した SOI ウエハは、半導体デバイス製造ラインにおいても問題なく使用できることを実証した。

論文審査の結果の要旨

半導体やファインセラミックス等の機能材料を、その表面層に結晶学的な乱れを導入することなく、所望する形状を高効率かつ高精度に得るための加工法を開発することは工業的にも、また、学術的にも非常に重要な課題である。本論文は、大気圧プラズマを利用した新しい化学的な超精密加工法であるプラズマ CVM (Chemical Vaporization Machining) の開発、ならびに本加工原理を適用した数値制御加工装置の開発、および開発した装置を用いて次世代半導体集積回路用基板として注目されている超薄膜 SOI ウェハを作製した結果についてまとめたものであり、主な成果を要約すると以下の通りである。

- (1) 大気圧雰囲気下においてプラズマを発生させることにより、高密度の反応性ラジカルを局所的に生成し、これを材料と反応させて除去を行う新しい加工法であるプラズマ CVM を提案している。本加工法においては、プラズマ発生用の電極として回転電極を適用することにより、高効率な反応ガスの供給および反応生成物の排出を実現しており、シリコン、石英ガラス等の機能材料を、機械加工におけるラッピングに匹敵する能率で加工することに成功している。
- (2) プラズマ CVM の加工原理を適用した SOI ウェハ加工用の数値制御加工装置の開発を行っている。回転電極ならびに XY テーブルの軸受にはプロセスガスを作動ガスとする気体軸受が適用されており、通常の転がり軸受に見られる摩擦によるパーティクルの発生や潤滑油による有機物汚染が全く無いクリーンな加工雰囲気を実現している。また、ガス循環精製装置および高周波電力供給システムも同時に開発されており、これらの装置の付加により加工特性の安定化ならびに再現性の向上が図られている。
- (3) 超薄膜 SOI ウェハの製作が行われている。加工前の SOI 層厚さ分布を高精度に測定する必要があるが、本論文では分光エリプソメトリを用いており、サブナノメートルの測定再現性を有することが確認されている。開発した装置を用い、SOI 層厚さが約 200 nm である市販 6 インチ SOI ウェハを数値制御加工した結果、SOI 層厚さを約 13 nm まで薄膜化することに成功している。
- (4) プラズマ CVM によって加工された半導体表面に、デバイスの動作に対して影響を及ぼすような汚染や欠陥が存在しないことを確認するため、加工面と未加工面に MOS ダイオードや MOS トランジスタを試作し、特性を比較している。何れのデバイスにおいても、両者の特性に差が見られないことが示され、加工面がデバイスグレードであることが示されている。
- (5) 数値制御プラズマ CVM によって約 60 nm に薄膜化された 8 インチ SOI ウェハ、および比較用として、熱酸化と酸化膜除去によって同じ厚さに薄膜化された SOI ウェハを用意し、半導体デバイス製造ラインにおいてウェハ全面に MOS トランジスタや抵抗素子を製作している。MOS トランジスタのスイッチング特性やリーク電流、閾値電圧を比較したところ、ウェハ全面の素子において両者に差は見られず、プラズマ CVM によって加工した SOI ウェハは半導体デバイス製造ラインにおいて使用できることを実証している。また、抵抗素子の抵抗値の面内均一性は、プラズマ CVM によるものの方が優れており、数値制御加工によって均一化された SOI ウェハの優位性も示されている。

以上のように本論文は、加工現象は化学的でありながら機械加工に匹敵する加工能率と空間制御性を有する新しい加工法の開発に成功するとともに、本加工法を用いて次世代半導体集積回路用基板として注目されている超薄膜 SOI ウェハの製作に成功している。さらに、製作した SOI ウェハが半導体デバイス製造ラインにおいて使用可能であることを実証しており、精密加工技術の発展に寄与するとともに精密科学に貢献するところ大である。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。