

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11041 号
------	---------------

氏名 近藤 祐介

論文題目

Studies on control of active species and design of gas molecules for etching of dielectric films in fluorocarbon and related-gas plasmas
(ガスデザインによるフルオロカーボンプラズマ中の活性種及び
絶縁膜エッティング特性の制御)

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	特任教授	関根 誠
委員	名古屋大学	教授	豊田 浩孝
委員	大阪市立大学	教授	白藤 立

論文審査の結果の要旨

近藤裕介氏提出の論文「Studies on control of active species and design of gas molecules for etching of dielectric films in fluorocarbon and related-gas plasmas（ガスデザインによるフルオロカーボンプラズマ中の活性種及び絶縁膜エッティング特性の制御）」は、超々大規模集積回路（ULSI）におけるシリコン酸化膜（ SiO_2 ）のプラズマエッティングにおいて、原料ガスの構造と生成される活性種との相関を計算および実験的に調べることによって、優れたエッティング特性を実現するために必要なガスデザインの指針についてまとめたものであり、全 5 章から構成されている。

第 1 章は、序論で、超々大規模集積回路における層間絶縁膜の形成のために用いるフルオロカーボンガスを用いたプラズマエッティングプロセスについて、研究開発の現状と問題点を概観し、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、本論文で使用したプラズマ気相診断方法、原料ガスの解離反応を解明するために用いた量子化学シミュレーションの方法及びエッティング表面および膜特性の評価方法について述べている。

第 3 章では、 $\text{C}_3\text{F}_6\text{O}$ ($\text{CF}_3\text{-O-CF=CF}_2$) 及び $\text{C}_5\text{F}_{10}\text{O}$ ($\text{CF}_3\text{-CF}_2\text{-CF}_2\text{-O-CF=CF}_2$) ガスのイオン化解離反応及び電子付着解離反応を計測及びシミュレーションを用いて解析した結果、エーテル結合が解離に与える効果に注目することによって、ガス構造とその解離過程の関係を解明した。この成果は、ガスをデザインすることによって、生成される活性種の制御が可能であり、将来のプラズマエッティングプロセスの高精度化を実現できることを示唆しており、学術的に高く評価されている。

第 4 章では、フルオロカーボンガスの構造として、幾つかのフッ素原子を水素原子に置換したハイドロフルオロカーボンガスの中で CHF_3 、 CH_2F_2 、 CH_3F に着目し、これらの原料ガスを Ar 及び Kr で希釈した際の解離過程及び生成される活性種とエッティング反応との相関を評価している。その結果、 CH_2F_2 では C-H 結合の解離が進行するが、同ガスを Ar 希釈したところ、C-F 結合の解離生成によって生じるイオンの密度が大きくなることを見出した。希釈ガスによって解離過程が変化する現象は、 CHF_3 と CH_3F には見られないことから、原料ガスの構造と希釈ガスとの組み合わせによって、生成される活性種を制御できることを明らかにした。さらに、希釈ガスとして Ar と Kr の比率を変化させながら、イオン密度の挙動を計測した結果、 Ar^+ イオンと C-F 解離生成イオン、 Kr^+ イオンと C-H 解離生成イオンの傾向が一致することを見出し、これらが希ガスイオンからの電荷交換衝突によって生成されることを突き止めた。また、このようなイオン種の違いによって、シリコン酸化膜やシリコン窒化膜のエッティング速度も変化することを見出し、新たなエッティングプロセスの制御法を示した。

第 5 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、本論文では、超々大規模集積回路形成における超微細加工技術に使用されてきた多様なフルオロカーボンエッティングガスの解離過程を計算および実験によって解明し、ガス解離の制御法によって、エッティングプロセスのさらなる高度化が実現できることを明らかにした。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。よって、本論文提出者近藤裕介氏は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があるものと判断した。