

ULSI配線微細加エプロセスにおける加工形状制御に関する研究

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 田原, 傑 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1525

氏名・(本籍)	田 原 傑 (静岡県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 85 号
学位授与の日付	平成 10 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	ULSI配線微細加工プロセスにおける加工形状制御に関する研究

論文審査委員	(委員長)		
	教授	助 川 徳 三	助教授 木 下 治 久
	教授	畑 中 義 式	助教授 田 中 昭
	教授	神 藤 正 士	

論 文 内 容 の 要 旨

半導体産業においては、LSIの高集積化と基板の大口径化に伴い高密度プラズマによる微細加工が必須になっている。しかしながら、低圧高密度プラズマエッチングでは従来の反応性イオンエッチングでは見られないパターンに依存した加工形状と半導体素子への電氣的損傷が発生することがわかってきた。すなわち、高アスペクト比(パターンの高さとの幅の比)をエッチングする際に特定のパターンに発生する『ノッチング』と呼ばれるサイドエッチングと、高アスペクト比のパターンが密集したようなパターン配置において発生するチャージングダメージ『電子遮蔽ダメージ』の二つである。これらは、低圧高密度プラズマに特有の問題であり今後、LSIのパターンが微細化され、高アスペクト比になってくると極めて深刻な問題になると考えられる。本研究は、これらの問題を量産性と微細加工性の両方を満足しながら低減・回避できるアルミ系配線及びゲート電極のエッチング技術の開発に関して述べている。

まずはじめに、これらの問題の原因と考えられている、イオンシース中での電子と正イオンの挙動の差違に起因して絶縁物マスク側壁が負に帯電する現象、すなわち、『電子遮蔽効果』について概説した。そして著者が発見した、アルミ配線における加工形状異常が電子遮蔽効果に起因する『ノッチング』であることを実験的に検証した。さらに、従来より一般的に採用されてきたエッチングの異方性を高める手法では、微細加工において最も重要なフォトレジストマスクに対する選択性を犠牲にすることなくノッチングを抑制することが不可能であることを示した。また、TiN、TiONをバリアメタルとして配線構造ではノッチングが発生しにくいことを発見し、それが、不揮発性の反応生成物BNに

よる側壁保護によるものであることを検証した。

次に、アルミ合金系配線のエッチングに対して誘導結合プラズマエッチング装置を用い、ソースパワーを低くすることによって、フォトレジスト選択比を犠牲にすることなくノッチングを抑制し電子遮蔽ダメージを低減することができることを明らかにした。そして、これらの結果が、ソースパワーを低くしたことによる、高エネルギー電子密度及びイオン電流密度の低減によるものであることを示した。

エッチングガス系の面からアルミ配線エッチングにおけるノッチングの抑制と電子遮蔽ダメージの低減を実現する技術の開発も行った。オーバーエッチングのエッチングガスとして従来から用いられてきた Cl_2/BCl_3 に替えて HCl を用いることによってノッチングの抑制と電子遮蔽ダメージの低減が可能となった。これは、フォトレジスト上部の電子による帯電が H^+ イオンによって緩和されたからであるという著者が提案したモデルでよく説明できる。また、ノッチングは電子の供給によって電位の低くなった特定の配線の側壁にイオン衝撃が加わって横方向にエッチングが進行する現象である。したがって、エッチングガス系から重たいイオンが生成されるガスを排除したガス系(HCl)あるいは、重たいイオンを生成するガスの流量比を低くしたプロセスを用いることによってノッチングは低減できるはずである。更にオーバーエッチング時の過剰な塩素ラジカルを何らかの方法で捕捉することによりエッチングの異方性が向上することから、 HCl プラズマ中で塩素ラジカルが水素ラジカルにより捕捉されればノッチングを低減することができる。このような考えから、 BCl_3 のノッチングへ与える効果と水素ラジカルによる塩素ラジカルの捕捉効果についても検討した。

結論として、 HCl プラズマによるノッチングの抑制は、1) H^+ イオンによるフォトレジスト上部の帯電の緩和、2)重たいイオンの側壁アタックの排除、3)過剰な塩素ラジカルの水素ラジカルによる捕捉効果、の複合的な作用によってもたらされるとの見解を得た。

ゲート電極のエッチングに関しては、電子遮蔽効果の低減ではなく、導電性マスクによる、マスクの帯電回避という手法により、電子遮蔽効果そのものを回避してノッチングと電子遮蔽ダメージの問題を解決した。

ゲート電極のエッチングに於けるノッチングの抑制と電子遮蔽ダメージを回避するために TiN マスクを用いた多結晶シリコンの選択エッチングフォトレジスト/ TiN 二層マスク $\text{WSi}_2/\text{poly-Si}$ ゲートエッチング、 TiON マスク $\text{WSi}_2/\text{poly-Si}$ ゲートエッチング技術を開発した。 TiN は Cl_2/O_2 プラズマに曝されると、表面に TiO_2 が形成され Si に対するエッチングマスクとなる。 TiON は、結合エネルギーの高い Ti-O 結合膜中に多く含むために、 Si だけでなく、 WSi_2 に対してもエッチングマスクとして機能する。これらの特性を生かして、高精度且つノッチングの抑制と電子遮蔽ダメージを回避できるゲート電極の微細加工が可能になった。 TiON マスク $\text{WSi}_2/\text{poly-Si}$ ゲートエッチング技術を用いて、2010年頃以降に量産されると予測されるゲート長 $0.06\ \mu\text{m}$ のタングステンポリサイドゲート電極の異方性エッチングが可能であることを確認した。

論文審査結果の概要

高度情報化社会を迎えて、超高速動作・超高密度の大規模集積回路(ULSI)の量産技術の開発、特に高アスペクト比をもつ超微細パターンの加工形状制御技術の開発が緊急課題である。このような超微細加工に対して、低ガス圧で実用的な処理速度が得られるプラズマエッチングが重要な役割を果たしている。しかし、「ノッチング」と呼ばれる配線加工形状の異常、及び配線パターンの配置や形状に依存してMOS(Metal-Oxide-Semiconductor)トランジスタのゲート酸化膜に与えられる電氣的な損傷、即ち「電子遮蔽ダメージ」が大きな問題となっている。本研究はこの問題を解決し、量産性と微細加工性を確保しながらAl系配線及びゲート電極を所定の形状に制御・加工するためのエッチング技術の開発に関するものである。

本論文は8章から成る。第1章の序論では、本研究の背景と目的、技術的課題と解決法について述べている。

第2章では、まず微細加工技術に対する要求事項と課題について述べ、さらに電子遮蔽効果に起因した加工形状異常である「ノッチング」の抑制と「電子遮蔽ダメージ」の低減・回避が重要であることを述べている。

第3章では、まず、ECR(Electron Cyclotron Resonance)プラズマエッチング装置及び誘導結合型エッチング装置の特徴について検討した。その結果、前者をゲート電極エッチングに、後者をAl配線エッチングに用いることにした。さらにノッチング及び電子遮蔽ダメージの評価方法について述べている。

第4章では、TiN及びTiONをエッチングマスクに採用することにより、ゲート電極エッチングにおけるノッチングの抑制と電子遮蔽ダメージが回避できる高精度・超微細加工の新技術を開発している。

第5章ではAl合金系配線に対するノッチングの発生とその抑制方法について述べている。従来の異方性を高めるエッチングの手法ではノッチングの抑制が困難であったが、本研究で開発したTiN及びTiONをバリアメタルとする配線構造により、ノッチングの発生を抑制できた。

第6章では、Al合金系配線のエッチングに低いソースパワーでも安定な放電が得られる誘導結合プラズマエッチング装置を用いることにより、フォトレジスト選択比を犠牲にすることなくノッチングを抑制し、電子遮蔽ダメージを低減できることを示している。

第7章では、ソースパワーを低くすることなく、ノッチングと電子遮蔽ダメージを低減するために、エッチングガス系について検討した。その結果、HClプラズマをオーバーエッチングに用いることにより、それらを低減できることが分かった。第8章は本論文の結論である。

以上、本研究で開発したULSI配線微細加工プロセスにおける加工形状制御技術は、半導体工業に寄与するところが大きい。審査の結果、本論文は博士(工学)の学位にふさわしい内容をもつものと認定する。