

主 論 文 要 旨

報告番号	甲 第 号	氏 名	三好 康史
主 論 文 題 目 :			
二周波誘導結合型プラズマエッチャーにおける機能分離と気相-表面相互作用の光学的診断			
(内容の要旨)			
<p>社会の根幹を支える技術の一つにマイクロプロセッサやメモリ等に代表される半導体デバイスが挙げられる。半導体デバイスを構成する素子の微細化、高集積化及び多層化はデバイスの性能向上に大きく寄与しており、この傾向は今後も続く。それに伴い、半導体製造技術に対する要求もより高くなる。デバイス加工ツールである反応性プラズマの最適化及びその制御は半導体製造における最も重要な工程の一つである。反応性プラズマの適切な制御は加工形状の異常、ばらつきを低下させ、デバイスに対する諸ダメージを防ぎ、歩留まりを向上させるためには不可欠である。本研究では、低圧高密度エッチャーとして広く半導体デバイス製造工程で使用されている二周波誘導結合型プラズマ(2f-ICP: 2 frequency – Inductively Coupled Plasma)を対象とした非接触の光学診断手法を用いることでCF₄/Ar及びArを母ガスとした2f-ICPにおける粒子の生成・消滅・輸送構造、SiO₂ (または Si)エッチング中のウェハ近傍のプラズマ構造、プラズマ生成とイオンエネルギーの機能分離を明らかにすることを目的とする。</p> <p>第一章では、半導体デバイス製造工程に占めるプラズマプロセスの位置づけとその特性について述べる。また、“機能分離”や“気相表面-相互作用”などのプラズマエッチャーの設計・制御における重要な要素及び課題について言及する。そして、プラズマプロセスの最適化のための設計・制御において不可欠であるプラズマ診断手法を解説し、本論分の背景及び目的を述べる。</p> <p>第二章では、本研究において主に使用した実験系、測定手法及び測定対象、すなわち、2f-ICP リアクタ、発光分光測定(OES)、レーザ吸収分光測定(LAS)及び詳細なプラズマ 3次元空間構造、を得るために使用するCT手法を詳細に解説する。</p> <p>第三章では、プロセス時にプラズマ不安定化、リアクタ壁の異常エッチングによる汚染等の要因となるICP特有の E-モードと H-モードのプラズマ構造及び遷移機構の解明を目的とし、CT手法を取り入れた OES (CT-OES)を用いた計測を行い、これら E-モード及びH-モードにおける詳細なプラズマの空間構造を診断した結果、両状態間でプラズマの空間構造は大きく異なることを解明した。また、プラズマ中における粒子(中性ラジカル及びイオン等)の生成・消滅・輸送構造はプラズマプロセス特性に大きな影響を与える。本章では、CF₄/ArとArを母ガスとしたICPリアクタ内における電子及びエッチングにおいて重要な役割を果たす中性ラジカル(CF_x)のプロープとなるAr励起種と準安定励起種の空間構造をOES及びLASにより診断する。計測から、ICPリアクタ全領域におけるAr準安定励起種の生成・消滅・輸送機構を解明した。</p> <p>第四章では、気相-表面相互作用の診断を目的とした研究を行う。エッチングに際してはウェハ表面から気相(プラズマ)中に多量の揮発性及び不揮発性エッチ生成物が放出される結果、プラズマ構造は非エッチング時と大きく異なる。この現象は気相-表面相互作用と呼ばれている。本章ではバイアス電極上に設置されたSiO₂(と Si)サンプルをCF₄とAr混合ガスICPによりエッチングを行う際に表面から気相中に放出されるそれらエッチ生成物、その派生物及びエッチング進行により気相中で消費されるエッチャントの時空間構造をCT-OESを用いて計測した。結果、エッチ生成物、その派生物及びエッチャントの気相中での挙動とSiO₂(と Si)のエッチレートの相関、及びエッチング機構がプラズマ構造に与える影響に関する知見を得た。また、振幅数百 V以上の高い振幅においても低周波バイアスがH-モードの高密度ICP($\sim 10^{11}\text{cm}^{-3}$)のプラズマの時空間構造に与える影響はごく僅かであり、プラズマ生成とイオンエネルギー制御の機能分離が達成されることを明らかにした。</p> <p>第5章は本論文の内容を総括し結論を述べる。</p>			
以上			