

(様式2)

学位論文の概要及び要旨

氏名 竹内 新 印

題目 表面波プラズマの特性診断と材料表面改質メカニズムに関する研究

学位論文の概要及び要旨

デジタルデバイスの高機能化、小型化に伴って、各デバイスに搭載される半導体チップやプリント基板にはより一層の高集積化が求められ、これを実現する手段の一つとして、製造工程にプラズマが用いられている。しかしプラズマについては、電離気体としての流体的視点からの研究はこれまで進んでおらず、プラズマプロセスもそのメカニズムが明らかになっていないものが多い。従ってプラズマプロセスは、処理される材料および処理内容毎にトライアンドエラーによってプロセスレシピが作られているのが現状である。

そこで本研究では、プラズマの電子密度や電子励起温度等のパラメータとプロセス結果との相関を、プロセスチャンバ内の気流特性も踏まえて明らかにすること、またプラズマの素過程を記述した衝突輻射 (CR : Collisional Radiative) モデルを用いてプラズマをモデル化し、そこから求められるプラズマパラメータと、プラズマを実際に測定した値とを比較することにより、モデルの妥当性および適用可能性について明らかにすることを目的とする。研究対象となるプラズマには、実際のプロセスに用いられることの多い低温プラズマを採用し、マイクロ波励起による表面派プラズマとした。

具体的には表面波プラズマに対し、プラズマ吸収プローブによる局所電子密度計測、カセグレン光学系を用いた局所分光計測を実施。さらにプラズマを発生させるプロセスチャンバ内の気流を数値シミュレーションにより解析し、実際のプロセス結果である処理対象物表面の接触角、組成等との関係を調査した。その結果、酸素プラズマによる酸化作用についてはチャンバ内の気体の移動距離が大きいほど、一方アルゴンプラズマによるスパッタリング作用についてはチャンバ内の局所的な気体速度と密度の積が大きいほど、プラズマ処理の効果が大きくなり接触角は小さくなることが明らかとなった。またプラズマ電子密度はチャンバ内気流の影響を受けにくい一方、電子励起温度は流速が小さくなると増加することが分かった。さらに酸素・アルゴンの混合気体によるプラズマを用いた酸化膜の形成過程から、プロセス初期に生じる酸素プラズマによる酸化膜の形成が、経時的にアルゴンプラズマによって抑制されるというメカニズムが明らかとなった。

またアルゴンプラズマについて、計算コストを抑制した簡易的な衝突輻射モデルを開発した。これにより本来考慮すべき65のエネルギー準位は6となり、計算コストが大幅に抑えられた。このモデルを極超音速衝撃波励起プラズマおよび表面波プラズマに適用し、モデルから導かれた結果と実験的に求められたプラズマパラメータの値とを比較することによって、電子温度についてはモデルの妥当性が示され、幅広いプラズマに対して適用の可能性があることが明らかとなった。