

2周波を使用したSiNx、SiO₂の成膜における応力制御性の向上

【サムコ(株) 開発部 CVDグループ】

はじめに

これまで当社では、SiH₄を用いて酸化膜や窒化膜を成膜する従来のプラズマCVD技術に加え、液体原料を用いたプラズマCVD技術(LS-CVD®)の開発を行ってきた。これらのCVD技術にさらに新たな付加価値を設け、かつ市場要求に対応するために従来の13.56MHzに低周波を加えた2周波によるアノードカップリング方式での成膜を行ったので、ここでは主に膜応力についての評価結果について述べる。

装置構成

図1に実験で使用した装置構成を示す。デモ機であるPD-220LまたはPD-220LCの上部電極に13.56MHzに加えて400kHzの高周波電源および整合器を接続し、これら2周波の単独および重畳による放電が可能構造とした。図2に2周波を重畳して成膜する場合と交互に印加して成膜する場合のOn、Offのタイミングを示す。

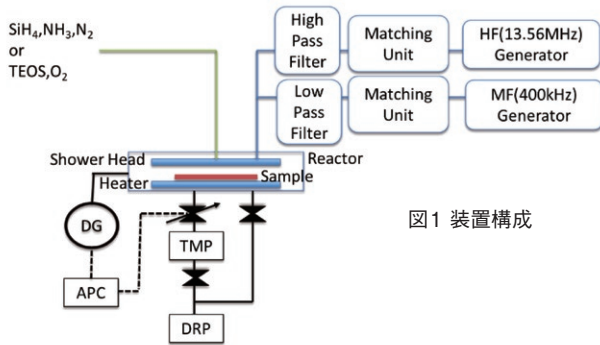


図1 装置構成

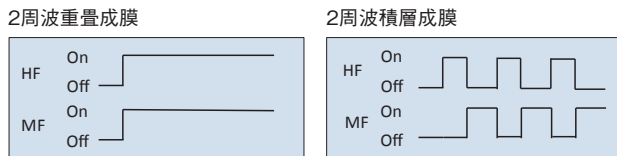


図2 2周波の電力On、Offのタイミング

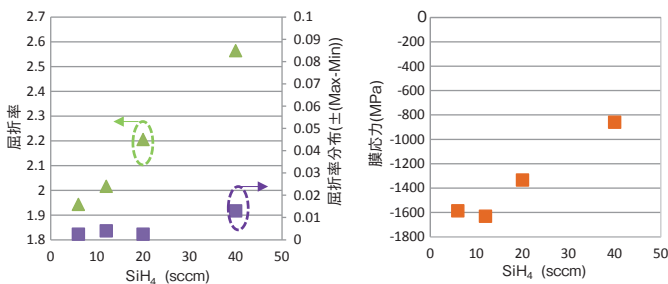


図3 400kHzのみでのSiH₄-SiNx成膜でのSiH₄に対する屈折率と膜応力の傾向

MF(400kHz)	
D. Rate: 28.5nm/min	
R.I.: 1.918	
Stress: -647MPa (compressive)	
HF(13.56MHz)	
D. Rate: 22.5nm/min	
R.I.: 1.919	
Stress: +603MPa (tensile)	

MF層	3.3min
HF層	4.7min
MF層	3.3min
HF層	4.7min
MF層	3.3min
HF層	4.7min

予想値(計算値) : -56.4MPa
測定値 : -59.8MPa

図4 13.56MHzと400kHzを交互に印加したSiH₄-SiNx成膜での膜応力

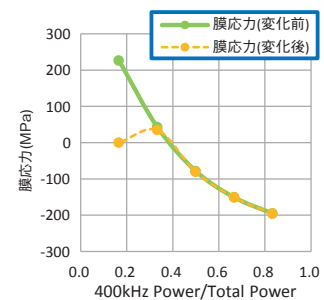


図5 13.56MHzと400kHzを重畳して印加したTEOS-SiO₂成膜での膜応力

13.56MHzおよび400kHzでのSiH₄-SiNx成膜

図3に400kHzのみで成膜したSiH₄-SiNx膜でSiH₄流量を変化させたときの屈折率および応力を示す。SiH₄, NH₃, N₂を用い、RF電力を50W、ステージ温度を350℃とした。図3より、SiH₄流量の増加とともに屈折率は上昇し、またいずれの条件でも-1GPa(圧縮)を超える応力が得られた。13.56MHzでの成膜ではラジカルによる反応が主体であり引張応力が得られやすいが、400kHzではプラズマ中のイオンが成膜プロセスに影響して圧縮応力が大きくなりやすいと考えられる。よって、13.56MHzと400kHzの成膜を交互に行うことにより、屈折率を調整したまま任意の応力での成膜が可能である。図4に2周波を交互で成膜した例を示す。

13.56MHzおよび400kHzでのTEOS-SiO₂成膜

図5に13.56MHzと400kHzを重畳させて成膜した際のTEOS-SiO₂膜の応力を示す。TEOS, O₂を用い、総RF電力を300Wとし、温度を300℃とした。図5より、400kHzの電力の大きさにより応力が圧縮側に変化し、0~-200MPaで調整することができた。通常、13.56MHzでの成膜では引張応力になりやすく、応力が成膜後に変化(経時変化)する傾向があり、400kHzの電力割合(MF/Total Power)が0.2未満では引張から圧縮応力に経時変化した。しかし電力割合が0.3を超えると経時変化がほとんど起こらなかった。400kHzは低応力でのTEOS-SiO₂成膜に適した成膜方法と考えられる。

終わりに

2周波での成膜により、SiH₄-SiNxやTEOS-SiO₂の応力傾向について述べた。これにより低応力を必要とする分野で新しい提案が可能となった。当社では、もう一つの方式であるカソードカップリングプラズマCVD技術があり、成膜にイオン衝撃を積極的に利用することで緻密な膜質が得られやすいことから、特に低温での成膜でその特徴を發揮している。今後も継続して市場要求を満たすためのプロセスおよび装置開発を行い、装置販売を進めていく。