

303 TEOS-プラズマCVD法によるSiO₂薄膜の形成速度

北海道大学工学部 上野山真 村 義博 柴田隆行 高橋義美 牧野英司 池田正幸

要 旨

プラズマCVD法を用いてSiO₂薄膜を形成し、成膜速度に対する電極間距離と反応圧の影響を検討した。その結果、電極間距離を小さくし、反応圧を大きくすることにより成膜速度は増加した。また、原料ガスの基板での流速分布を一様にするることによって膜厚は均一になった。

1. はじめに

SiO₂膜は超LSIの層間絶縁膜として利用されており、また近年マイクロマシンの構成部材やAFM用カンチレバーなどに用いられている。そのため高集積化や機械的性質の向上のための成膜技術の確立が求められる。本研究ではこれらの用途に用いる膜を得るために、低温プロセスが可能なTEOSを用いたプラズマCVD法による膜形成を行った。電極間距離と反応圧を変化させ、成膜速度について、ガスの流れの観点から検討した。

2. 実験装置および方法

実験装置・方法は前報¹⁾と同様である。さらに一部の実験では、直径210mmの平行電極の外側に内径4mmの管を配置し、基板の横方向からガスを導入して成膜実験を行った。

3. 実験結果および考察

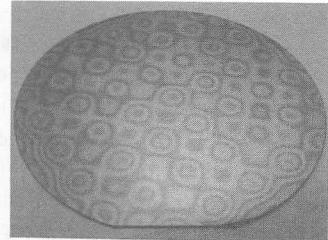
3.1 膜厚分布

図1は電極間距離10mmで下部電極に置かれたSi基板に成膜したSiO₂薄膜の外観写真である。反応圧は測定器の指示値で80Paである。膜表面に規則正しく並んだリング状の干渉縞がみられる。このリングの中心は上部電極に設けられた内径0.7mmのガスの噴出口の位置と対応している。図2は電極間距離10mm(a)と20mm(b)で成膜した基板の中央付近の膜厚分布である。(a)の膜厚は基板の位置によって変化しており、膜の厚い部分はリング状干渉縞の中心、すなわち噴出口の直下に対応している。(b)は(a)に比べ、膜厚の変化の幅は減少し、ほぼ均一な膜厚になっている。

このような膜厚の分布は噴出口からのガスの流れの影響をうけたと考えられる。図3は基板の横方向からガスを導入して成膜したSiO₂薄膜の外観である。導入されたガスは噴流になっており、膜はその流れに沿って形成されている。また干渉縞から、流れに垂直な断面では流れの中心が厚いことがわかる。噴流の流れに垂直な面での流速分布は流れの中心で最も大きく、中心から離れるほど小さくなることから、流速が大きいくほど成膜速度が大きくなるといえる。これはガスの分子密度(=圧力)が変わらないときには、流速が増加すると単位時間に基板に到達する分子の数が増加することから説明される。

3.2 電極間距離の影響

図4は電極間距離と膜の成膜速度の関係である。成膜速度は基板の位



基板の直径152mm

図1 Si基板に成膜されたSiO₂薄膜の外観
電極間距離10mm 反応圧80Pa RF電力100W
O₂/TEOS≠比26 基板温度300℃

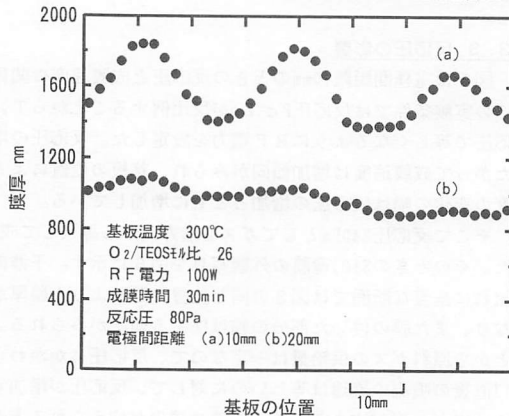
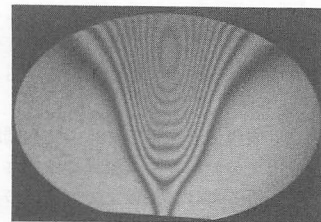


図2 Si基板の中央付近の膜厚分布



基板の直径152mm

図3 基板の横方向からガスを導入して成膜したSiO₂薄膜 反応圧80Pa

置によって変化することから、その幅の最大値、最小値をそれぞれ○、●で表した。ただし25mmでは変化が認められなかった。成膜速度は、電極間距離の増加とともに減少している。噴流の流速は、噴出口からの距離に反比例して減少する。このことから基板が噴出口から離れるにしたがって成膜速度が減少したものと考えられる。

成膜速度の基板上での位置による変化の幅は電極間距離の増加とともに減少している。噴流は噴出口から離れるにしたがってその幅が広がるため、電極間距離が増加すると隣の噴出口による噴流と重なって、基板上での位置による流速の変化の幅が小さくなるために成膜速度の変化の幅が減少すると考えられる。

△▲はRF電力20Wで成膜した膜の成膜速度である。100Wの場合に比べて、成膜速度、基板上での位置における成膜速度の変化の幅とともに減少している。一般にプラズマ中の分解反応に寄与する平均電子エネルギー T_e は $V/(d \cdot P)$ (V:電圧、d:電極間距離、P:反応圧)に比例する²⁾。RF電力 $W(=I \cdot V)$ を減少させると T_e が減少することによって、気相中でTEOS分子のエトキシ基などの分解やシロキサン(Si-O-Si)結合が不足するため、成膜の可能な分子が減少する。このことから流速が一定であっても T_e が減少すると成膜速度は減少する。またその結果、同じ成膜時間では流れの中心とその周囲で成膜速度の差が小さくなっていると考えられる。

3.3 反応圧の影響

図5は電極間距離10mmのときの反応圧と成膜速度の関係である。この実験条件では反応圧Pと T_e が反比例することから T_e が各反応圧で等しくなるようにRF電力を設定した。反応圧の増加にしたがって成膜速度は増加傾向がみられ、基板の位置による成膜速度の変化の幅は反応圧の増加とともに増加している。

そこで反応圧240Paとしてガスを横方向から導入して成膜を行った。そのときのSiO₂薄膜の外観写真を図6に示す。干渉縞から、流れに垂直な断面では図3の同じ位置の断面よりも膜厚が大きくなり、また膜の付いた部分の幅は狭まる傾向がみられる。このことから原料ガスの供給量は一定なので、反応圧にかかわらず噴出口直後の噴流の流速は等しいのに対して、反応圧が増加すると噴流の広がる幅が狭まるため、流速の減少が抑えられると考えられる。つまり噴出口から同距離の位置では反応圧が増加すると流速が増加するため成膜速度が大きくなり、また噴流の幅が減少することによって流速の基板上の位置による変化が大きくなるため、基板の位置による成膜速度の変化の幅も増大すると考えられる。

4. まとめ

高い成膜速度を得るには、電極間距離を小さく、反応圧を大きくして基板上での原料ガスの流速を増加させる必要がある。また、均一な厚さの膜を得るには、基板上での流速の分布を一様にするべき。

参考文献

- 1) 村義博他:1992年度精密工学会北海道支部学術講演会講演論文集、P1
- 2) 「電子材料」編集部:超LSI時代のプラズマ化学、工業調査会(1983)、P3

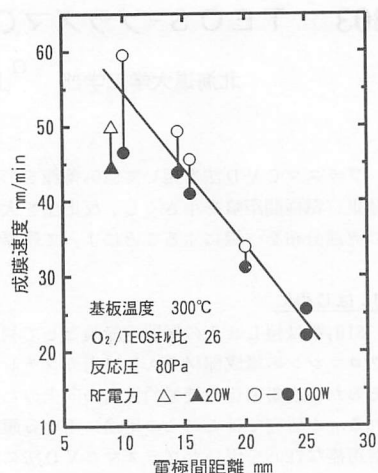


図4 電極間距離と成膜速度の関係

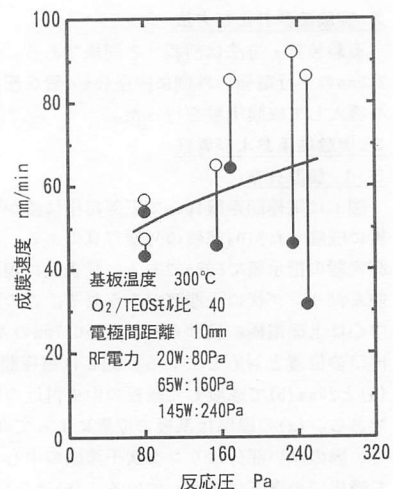
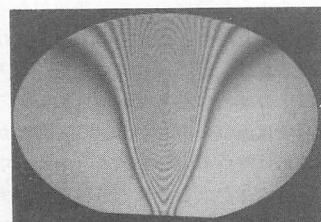


図5 反応圧と成膜速度の関係



基板の直径152mm

図6 基板の横方向からガスを導入して成膜したSiO₂薄膜 反応圧240Pa