

大気圧プラズマ CVD による SiO_x ゲート絶縁膜の低温・高能率形成プロセスの研究

Study on the low temperature and highly efficient deposition process of Silicon Oxide Gate

Dielectric layers Using Atmospheric Pressure Plasma Enhanced Chemical Vapor Deposition

阪大院工

〇木元 雄一朗, 寺脇 功士, 山崎 啓史, 前川 健史, 大参 宏昌, 垣内 弘章, 安武 潔

Osaka Univ.

〇Y. Kimoto, K. Terawaki, H. Yamazaki, T. Maekawa, H. Ohmi, H. Kakiuchi, K. Yasutake

E-mail: kimoto@ms.prec.eng.osaka-u.ac.jp / kakiuchi@prec.eng.osaka-u.ac.jp

1. 緒言

近年、フレキシブル基板に代表される低融点材料への薄膜形成が求められており、低温・高速形成技術の必要性が急速に高まっている。シリコン酸化膜の低温形成には、一般に減圧プラズマ CVD 法が用いられているが、成膜速度が遅く、また、成長膜がプラズマ中のイオンによるダメージを受けやすいという問題がある。そこで我々は、超高周波 (VHF) 励起プラズマを利用した大気圧プラズマ CVD 法を用い、PEN (Polyethylene Naphthalate) 等のプラスチックフィルム上への成膜プロセスを開発している。

2. 実験方法

我々が開発している平行平板型大気圧プラズマ CVD 法は、大気圧・高周波プラズマを電極と基板の挟ギャップ間に発生させ、高密度に生成されたラジカル種を利用する機能薄膜の高速形成技術である。希釈ガスとして He, 原料ガスとしては O_2 及び HMDSO (Hexamethyl-disiloxane) を用いた。また、He 流量を 50 slm, HMDSO 流量を 1.5 sccm とした。成膜ギャップ (基板-電極間距離) を 500 μm , プロセス圧力を 760 Torr とし、投入電力密度を 21 W/ cm^2 とした。基板には Si ウエハ, PEN フィルムを用いた。電極サイズは長さ 30 mm, 幅 80 mm であり、基板を移動させることで、移動距離に応じた均一な厚さの SiO_x 薄膜を形成した。基板温度を常温, 60 $^{\circ}\text{C}$, 120 $^{\circ}\text{C}$, O_2 流量を 0-500 sccm と変化させ、基板温度依存性および O_2 流量依存性を調査した。形成した SiO_x 薄膜の結合状態はフーリエ変換赤外分光法, 膜厚と屈折率はエリプソメトリによって評価した。また電気的特性は高周波 CV 測定により評価し、界面準位密度および固定電荷密度を算出した。表面粗さは分子間力顕微鏡により評価した。

3. 結果及び考察

今回、大気圧プラズマ CVD 法により形成した SiO_x ゲート絶縁膜の成膜時における基板温度とプラズマ中 O_2 濃度が膜構造の特性に及ぼす影響について検討した。図 1 は O_2 流量を 0-500 sccm と変化させ、基板を静止した状態で形成した SiO_x 薄膜の IR スペクトルの O_2 流量依存性である。左から順にプラズマ上流側端部から 3mm, 5mm, 15mm, 25mm の位置のスペクトルを示している。また、基板温度は 120 $^{\circ}\text{C}$ とした。一般的に SiO_2 ライクな膜ではメインピークの位置は 1070-1080 cm^{-1} にあることが知られている。この図から、どの位置においても O_2 流量が増加することによって、メインピークの位置が 1080 cm^{-1} 付近に近づいていることから、 O_2 濃度が高いほど、 SiO_2 ライクな膜になっていくことが分かる。これより、原料ガスの分解には O ラジカルが大きく寄与していると考えられる。しかし、下流側では O_2 流量が 500 sccm において、IR ピークがブロードになった。これは、 O_2 濃度が高すぎると酸化が急激に進み、クラスターが膜中に取り込まれたポーラスな膜になったからであると考えられる。

この結果から、 O_2 流量が 50 sccm の条件において、最も緻密で SiO_2 ライクな膜が得られることが分かった。図 2 は高周波 CV 特性の酸素依存性である。この図からも O_2 流量が 50 sccm の方が 25 sccm に比べて理想からのずれが少なく、膜中に欠陥起因の電荷が少ないことが分かる。つまり、 O_2 流量を適度に増加させることで、原料ガスが十分に酸化され、欠陥に起因する Si のダングリングボンドの少ない緻密な膜になると考えられる。さらに PEN フィルム上に SiO_x 薄膜を形成し、その特性についても調査した。詳細については当日報告する。

4. 結言

大気圧プラズマ CVD 法により SiO_x ゲート絶縁膜を形成し、成膜時の基板温度とプラズマ中 O_2 濃度が膜構造の特性に及ぼす影響を検討した。基板温度が 120 $^{\circ}\text{C}$, O_2 流量が 50 sccm の時、緻密で SiO_2 ライクな SiO_x 薄膜が得られた。今後、PEN フィルム上への更なる高品質 SiO_x ゲート絶縁膜の高能率形成プロセスの確立を目指す。

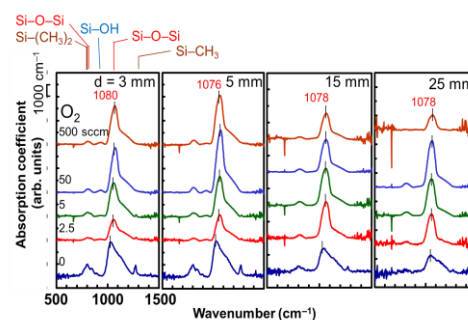


Fig.1. IR absorption spectra of the SiO_x films as functions of O_2 flow rate and distance from the plasma entrance.

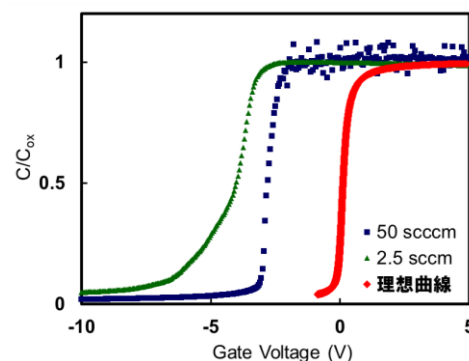


Fig.2. C-V curves of the MOS capacitors.