

特別企画-5

システム LSI における低誘電率層間絶縁膜エッチング

Etching of Interlayer Insulating Films with Low Dielectric Constant on System LSI

堀 勝 (名古屋大学 工学研究科 量子工学専攻)

1. はじめに

システム大規模半導体集積回路 (LSI) の大容量・高速動作を実現するため、低抵抗配線材料と低誘電率 (Low- k) 層間絶縁膜の導入が必要不可欠な技術である。低抵抗配線材料としては Cu の使用が検討されている。一方、Low- k 膜では比誘電率に対応し、様々な材料が候補に挙げられているが、未だ絞り込まれていない。これらの材料の中で有機系 Low- k 膜である FLARE は、耐熱性や密着性に優れ、低い誘電率 ($k=2.8$) を有することから注目を集めている。これら有機系 Low- k 膜エッチングでは、 N_2/H_2 や NH_3 プラズマの使用が報告されている^[1]。以前我々の研究室では、マイクロプラズマ光源を用いた真空紫外吸収分光法 (VUVAS) を用いて H ラジカル^[2]と N ラジカル^[3]の絶対密度計測に成功した。本研究では、高密度プラズマとして知られている誘導結合型プラズマ (ICP) や高密度・低電子温度プラズマとして知られている UHF (500 MHz) プラズマを用い、有機 Low- k 膜のエッチングを行なった。また、本研究室で開発した VUVAS などを使用し、そのプラズマ中の各種ラジカルの振る舞いを調査し、エッチング機構について検討を行なった^[4]。

2. 実験方法

有機系 Low- k 膜のエッチングは、ICP や UHF (500 MHz) プラズマを使用した。プロセスガスとしては、 N_2/H_2 、 NH_3/N_2 を用い、圧力 2 Pa、全流量 100 sccm、Bias 500 V 一定の条件下で FLARE のエッチング及びプラズマ診断を行なった。プラズマ診断には、VUVAS により H、N ラジカル、四重極質量分析器 (QMS) によりイオン種、マイクロ波干渉計を用いて電子密度の計測を行なった。

3. 実験結果及び検討

有機 Low- k 膜のエッチングプラズマ中を VUVAS により計測した結果、 N_2/H_2 、 N_2/NH_3 プラズマともに H ラジカル密度は $10^{12} \sim 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ で N ラジカル密度は、 $10^{11} \sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ のオーダーであった。図 1 は、VUVAS より求めた H、N ラジカル密度比と有機 Low- k 膜のエッチング速度との関係を示す。エッチング速度は、 N_2/H_2 、 N_2/NH_3 プラズマ中で生成される H ラジカル密度比を増加させるに従い、直線的に増加した。また、H ラジカル密度比 = 1 (H_2 プラズマ) 時のエッチング速度が減少しているのは、 H_2 ガスの小さいイオン化断面積により、 H_2 プラズマの電子密度が他の条件よりも 1/6 程度小さいことが原因と考えられる。これにより、有機 Low- k 膜のエッチングには、プラズマ中の H、N ラジカル比が非常に重要であることを示唆している。図 2 は、ICP Power: 1kW, Bias: 500W, $N_2/NH_3 = 90/10 \text{ sccm}$ でエッチングを行なった時のエッチング形状の SEM 像を示す。H、N ラジカル密度比や基板温度を制御することで垂直形状を得ることできた。

4. まとめ

高密度プラズマ (ICP, UHF プラズマ) を用い、有機 Low- k 膜のエッチングとそのプラズマ中の各種ラジカルの振る舞いを調査した。有機 Low- k 膜のエッチングでは、エッチング速度や形状はプラズマ中で生成される H、N ラジカル密度比に依存しており、それらを制御することで垂直加工が可能であることを見出した。

参考文献

- [1] M. Fukusawa *et al.*, *Proc. Symp. Dry Process*, 221 (1999).
- [2] S. Takashima *et al.* *Appl. Phys. Lett.*, **75**, 3929 (1999).
- [3] S. Takashima *et al.* *J. Vac. Sci. Technol. A* **19**, 599 (2001).
- [4] H. Nagai *et al.* *J. Appl. Phys.*, **91**, 2615 (2002).

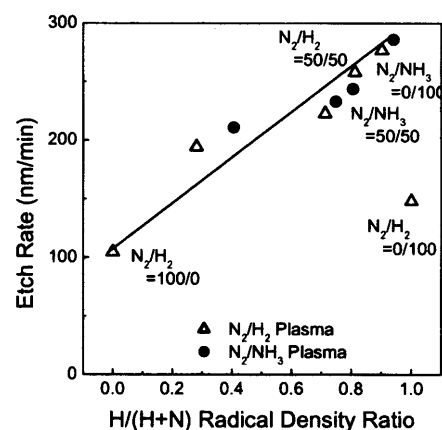


図 1. VUVAS により計測した H、N ラジカル密度比と有機 Low- k 膜のエッチング速度の関係。

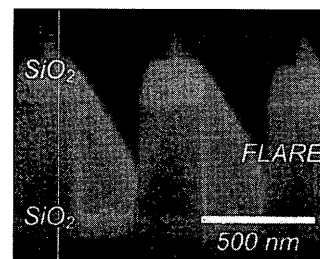


図 2. エッチング形状の SEM 像 (ICP Power: 1kW, Bias: 500W, $N_2/NH_3 = 90/10 \text{ sccm}$)