

HBr/O₂ プラズマへの Cl₂ 添加によるプラズマプロセスダメージPlasma process damage induced by HBr/O₂ plasma with Cl₂ gas

(株)東芝 生産技術センター ○叶丸 孝治, 野尻 康弘, 尾上 誠司, 新村 忠

Corporate Manufacturing Engineering Center, Toshiba Corp.

○Koji Kanomaru, Yasuhiro Nojiri, Seiji Onoue, Tadashi Shimmura

E-mail: koji.kanomaru@toshiba.co.jp

1. はじめに

半導体デバイスの微細化に伴い、プラズマプロセスダメージがデバイスの信頼性に影響を及ぼしており、低ダメージプロセスが必要となっている。シリコン加工プロセスには、HBr/O₂ プラズマが広く用いられ、これまでに熱酸化膜へのプラズマプロセスダメージの研究結果が報告され^[1]、HBr/O₂ プラズマ暴露により、酸化膜表面に格子欠陥やプロセスガス原子等を含むダメージ層が形成されることが知られている。しかしながら、プラズマ中のイオン種がダメージ層に与える影響については十分に明らかになっていない。そこで我々は HBr/O₂ プラズマへの Cl₂ 添加により、プラズマ中のイオン種を変化させたときのダメージ層の膜厚とハロゲン原子の注入深さ分布を分析し、ダメージ生成メカニズムについて考察したので報告する。

2. 実験方法

Si 基板上に熱酸化膜を形成したサンプルに対し、誘導結合型プラズマ装置でプラズマ暴露を行った。Cl₂ 分圧比 Cl₂/(HBr+Cl₂) は 0~100% の範囲で変化させ、バイアスパワーは 90 W に固定した。放電電力、圧力を一定に保ちつつ、各条件で酸化膜のエッチング量が一定となるようにプラズマ暴露時間を調整した。プラズマ暴露後に希フッ酸溶液(HF: H₂O = 1: 100)に浸して段階的にエッチングを行い、ウェットエッチングレートの変化点からダメージ層の膜厚を求めた^[2]。放電中のバイアス電圧値の変動からウエハに入射するイオンのエネルギーを評価することとし、ハロゲン原子(Br, Cl)の注入深さ分布を高分解能ラザフォード後方散乱分光により測定した。また放電中のプラズマの状態を四重極質量分析法(QMS)により分析した。

3. 実験結果と考察

Figure 1(a)にダメージ層の膜厚とバイアス電圧の Cl₂ 分圧比依存性を示す。Cl₂ 分圧比の増加とともにダメージ層の膜厚は単調減少した。一方、バイアス電圧は Cl₂ 分圧比 0.4 に極値を持ち、ダメージ層膜厚と相関は見られなかった。Figure 1(b)にハロゲン原子の深さ方向分布の Cl₂ 分圧比依存性を示す。注入深さは Cl₂ 分圧比増加とともに減少した。Figure 2 に各種イオンの QMS 信号強度の Cl₂ 分圧比依存性を示す。Cl₂ 分圧比の増加に伴い、Cl₂⁺が増加した。Cl₂⁺と HBr⁺, Br⁺の質量は同程度であり、バイアス電圧で加速されたイオンのエネルギーには差がないと考えられる。多原子イオンがサンプルに注入された際に単原子に解離した場合、単原子イオンの注入に比べて、低エネルギーでの注入となることから^[3]、Cl₂ 分圧比増大に伴うダメージ層の膜厚減少は、Cl₂⁺等の多原子イオンの解離に伴う運動エネ

ルギーの低下によるものと考えられる。

4. まとめ

HBr/Cl₂/O₂ プラズマ中のイオンが酸化膜に与えるダメージについて実験および考察を行った。Cl₂ 分圧比の増加に伴い、Cl₂⁺等の多原子イオンが増加し、酸化膜中へのハロゲン原子の注入深さが低減した。ダメージ層の低減には単原子イオンよりも多原子イオンによるエッチングが有効である。

5. 参考文献

- [1] T. Tatsumi, S. Fukuda, S. Kadamura: Jpn. J. Appl. Phys. **32**, 6114 (1993).
- [2] A. Matsuda, Y. Nakakubo, Y. Takao, K. Eriguchi, and K. Ono: Thin Solid Films **518**, 3481 (2010).
- [3] J. Ashley Taylor, Gerald M. Lancaster, A. Ignatiev, J. Wayne Rabalais: J. Chem. Phys., **68**, 1776 (1978).

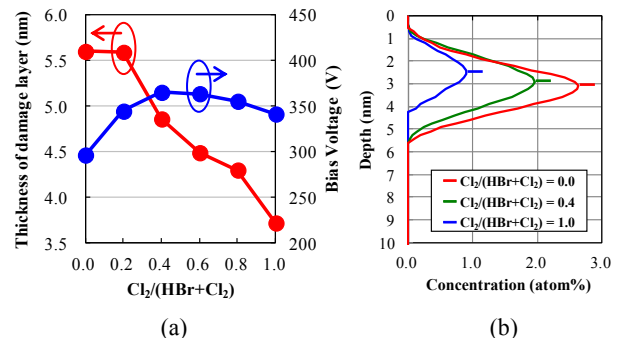


Figure 1. (a) Thickness of damage layer and bias voltage as a function of Cl₂ partial pressure ratio. (b) Depth profiles of halogen atoms (Br, Cl) with various Cl₂ partial pressure ratios.

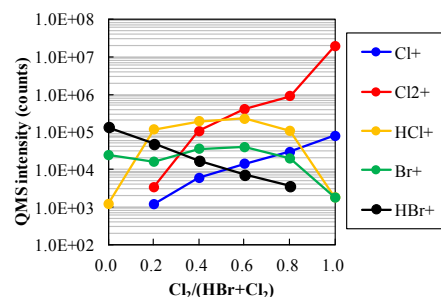


Figure 2. QMS intensity of various ions as a function of Cl₂ partial pressure ratio.