

絶縁膜成膜プロセスにおける大規模パターンでの カバレッジおよび膜質分布の予測と制御

Prediction and control of coverage and film properties on large-scale pattern for deposition process of Si dielectric films

ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社, °久保井 信行

Sony semiconductor solutions corporation, °Nobuyuki Kuboi

E-mail: Nobuyuki.Kuboi@sony.com

ディスプレイ・ウェアラブルデバイスといった Si に加えて有機膜を用いたデバイスの要望増加に伴い、低温領域まで含めた高アスペクト比パターンでの成膜プロセスのメカニズムの理解とそれに基づいたパターンレベルでのカバレッジ・膜質分布の定量制御の重要性が増している。特に、膜質(膜密度、透水性、密着性等)に関しては、パターン内での分布やその時間変化を直接観測することは難しい。そこで、著者のこれまでのプラズマエッチングのモデル化知見[1][2]を応用して、大規模パターンでの成膜カバレッジ・膜質分布を高速かつ汎用的に定量予測できるシミュレーションモデル開発を行った。

モデルでは、実際の堆積膜上での数千個の原子の運動について、1 辺数 nm の Voxel の中に数千個の原子が含まれその Voxel を計算の基本単位として Voxel 同士が確率に基づいて相互作用する描像とした (Fig. 1)。膜質は、各 Voxel に与えられた結合状態の重み平均値として表現することで、大規模パターンでの分布の表現を可能にした[3]。

低温基板(120°C)での SiN-PECVD プロセス実験では、高い膜密度にもかかわらず柱状のモフォロジーをもつ特徴的な構造が観測された。本成膜モデルを用いた解析、および、膜質のプロセス依存データとの比較検証により、この柱状のモフォロジーをもつ SiN 膜の形成メカニズムとしては、ガス滞在時間が長いことによる解離後の大きく重いプリカーサーの存在が原因であることが分かった (Fig. 2)。すなわち、低温 SiN-PECVD での膜質改善には、SiH₄ 高流量化、低圧化、狭 Gap 化といった短いガス滞在時間の実現が重要である。また、SiO₂-PEALD のトレンチ上成膜特性のシミュレーション解析から、均一な膜厚に成膜されるものの、側壁での膜密度は深さ方向に対して劣化することが示され、実際のウェットエッチレートおよび電気特性評価とも矛盾しない結果となった[4]。プラズマ酸化ステップでの入射酸素イオンによる結合形成が膜質のキーポイントになっており、低圧化によるイオン直進性の向上とエネルギーフラックスの最適化が理想的な ALD を実現するプロセスノブになると考えられる。本講演では、これらについてより詳細に議論したい。

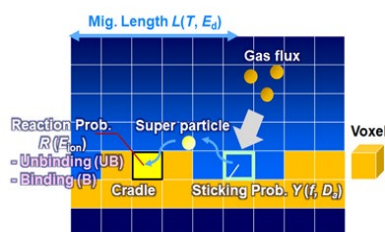


Fig.1 Surface reaction model

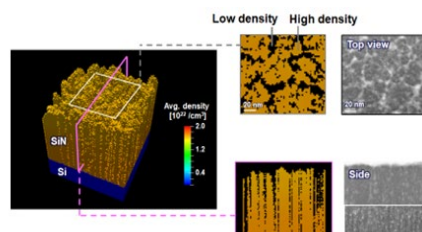


Fig.2 Reproduce of columnar structure

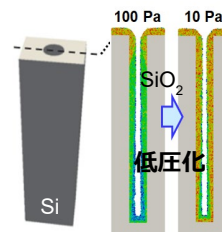


Fig.3 Film density variation

【参考文献】

- [1] N. Kuboi *et al.*, JVST A33, 061308 (2015). [2] N. Kuboi, JJAP 63, 080801 (2024).
[3] N. Kuboi *et al.*, JJAP 62, S11006 (2023). [4] T. Hamano *et al.*, DPS, C-3 (2024).