

SiN Atomic Layer Etching の H ダメージ解析

Analysis of Hydrogen-induced Damage in SiN Atomic Layer Etching

ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)¹, 阪大院工²○平田 瑛子^{1,2}, 深沢 正永¹, 釘宮 克尚¹, 萩本 賢哉¹, 岩元 勇人¹,J. U. Tercero², 磯部 倫郎², 伊藤 智子², 唐橋 一浩², 浜口 智志²Sony Semiconductor Solutions Corp.¹, Osaka Univ.²,○A. Hirata^{1,2}, M. Fukasawa¹, K. Kugimiya¹, Y. Hagimoto¹, H. Iwamoto¹,J. U. Tercero², M. Isobe², T. Ito², K. Karahashi² and S. Hamaguchi²E-mail: Akiko.Hirata@sony.com

【はじめに】近年、超高選択比加工や低ダメージ加工を実現するために、SiN に対して HFC (hydrofluorocarbon) ポリマーの吸着と Ar プラズマによる脱離を繰り返す ALE (Atomic Layer Etching) が検討されている。今までに、脱離ステップのダメージ膜厚は Ar イオンの侵入深さに依存する事を明らかにした[1]。今回は吸着ステップの H に着目し、基板ダメージを解析した。

【実験】装置は ICP ソース (13 MHz / 0.4 MHz) を用いた。Si 基板上に LP-SiN を 20nm 成膜したサンプルを用いた。吸着ステップには CH₃F/Ar プラズマ (イオンエネルギー: 15, 140 eV) を用い、HFC ポリマーを SiN 上に堆積した。吸着ステップと Ar プラズマを用いた脱離ステップを繰り返すことで ALE を行った。SiN と HFC ポリマーの膜厚は分光エリプソメトリー (SE) で測定した。ダメージ膜厚は Si 基板にプラズマを照射し SE を用いて評価した。表面状態は、分子動力学法(MD simulation)[2]を用いて CH₂F を 2nm 堆積し、その後 Ar (100 eV)を照射して予測した。

【結果及び考察】Fig. 1 に吸着ステップ後の SiN と HFC ポリマーの表面位置の処理時間依存性を示す。15eV では SiN エッチングは進行しないが、140eV では厚いポリマーが堆積しているにもかかわらず、下地 SiN のエッチングが進行していることが分かった。H が深くまで侵入している可能性があるため、吸着ステップのダメージ評価 (下地は Si を想定) を行った(Fig. 2)。その結果、150eV 以下の超低エネルギー領域においても、イオンエネルギーの増加に伴い、ダメージ膜厚が増加傾向であることが分かった。ALE のオーバーエッチング時、吸着ステップの H が下地 Si ままで侵入し、ダメージが生成すると考察される。H によるダメージはエリプソでは検出感度が足りない可能性が高い為、ALE 後の表面状態について、MD を用いて H 侵入深さを計算した (Fig. 3)。ALE 後に H イオンが 2nm 以上侵入することが分かった。吸着ステップ後に表面付近に存在する H は、脱離ステップの Ar によりロックオンされ、深くまで侵入すると考えられる。H を含有する CH_xF_y プラズマを用いた ALE では、吸着と脱離ステップの両方で H ダメージが生成することが示唆された。ダメージ制御には両ステップのイオン侵入深さの制御が重要である。

[1] A. Hirata *et al.*, JJAP. 59 (2020) SJJC01. [2] K. Miyake *et al.*, JJAP. 53 (2014) 03DD02.

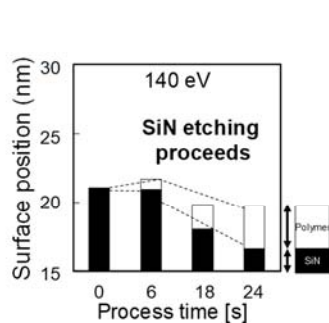


Fig. 1 Surface position of HFC polymer and SiN vs. adsorption time.

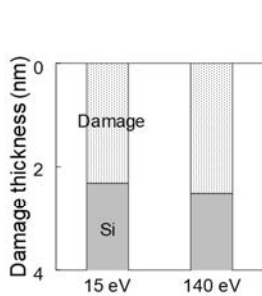


Fig. 2 Damage thicknesses after adsorption step (15 eV vs. 140 eV).

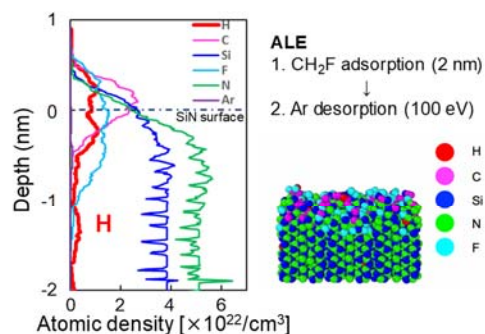


Fig. 3 Depth profile of H in SiN after 1 cycle of ALE (MD simulation).