

絶縁体半導体界面近傍に形成されるプラズマ誘起欠陥の アドミタンスモデル解析

Admittance Analysis of Plasma-induced Defects in SiN Films Introduced by Plasma Exposure Using a Distributed Bulk-dielectric Trap Model

京大院工¹, 学振特別研究員 DC², °久山 智弘^{1,2}, 占部 継一郎¹, 江利口 浩二¹

Kyoto Univ.¹, JSPS Research Fellow², °T. Kuyama^{1,2}, K. Urabe¹, K. Eriguchi¹

E-mail: kuyama.tomohiro.23x@st.kyoto-u.ac.jp

【はじめに】半導体微細加工に用いられるプラズマプロセスでは、加工中の高エネルギーイオン・光照射により材料中に欠陥（プラズマ誘起欠陥）が形成される[1]。中でも半導体絶縁体界面近傍に存在する欠陥は、電子デバイス動作時にノイズ増大・信頼性劣化を引き起こすことが知られている[2]。プラズマプロセス中の界面近傍の欠陥形成を理解し抑制することはデバイスの高信頼性化に寄与する。従来、プラズマ曝露表面および材料中の欠陥について検討してきたが、今回我々は、プラズマ曝露時に絶縁膜中の界面近傍に形成される欠陥（ボーダートラップ）を等価回路モデル[3]を利用して評価し、Ar と He プラズマ曝露により形成される欠陥の違いについて議論する。

【モデル構造】ボーダートラップを考慮すると、SiN 膜のアドミタンス算出に用いる回路モデルは Fig. 1(a)のようになる[3]。ΔC_{bt} と ΔG_{bt} の直列接続はトラップから SiN/Si 界面までのトンネル過程を表す。モデルパラメータは波動関数の消衰係数 κ、および欠陥空間密度 N_{bt} である。

【実験】p 型 Si 基板上の SiN 膜（光学膜厚約 32 nm）を誘導結合型プラズマ（Ar, He ガス, 2.7 Pa）に曝露した。サンプル表面への入射イオンエネルギーは約 200 eV である。プラズマ曝露前後のサンプル（Ref., Ar-dam., He-dam.）に対し、蓄積側の印加電圧（-10 V）で測定周波数を 1 MHz から 100 Hz まで掃引してアドミタンス測定を行い、Fig. 1(a)のモデルから κ と N_{bt} を見積もった。

【結果及び考察】Fig. 1(b)に計測したアドミタンス（ $Y=G_p+j\omega C_p$ ）およびモデルから算出した G_p, C_p を示す。プラズマ曝露後のサンプルでは、100 kHz 程度から低周波数側にかけて特徴的な C_p 増加がみられる。また、プラズマ曝露後にフッ酸処理で表面ダメージ層を除去した後も同様に C_p 増加がみられる。この C_p 増加は、表面近傍の欠陥起因ではなく、絶縁膜中の界面近傍に形成されたボーダートラップによる電荷捕獲・放出に起因すると考えられる。ただし、欠陥形成機構としてはイオン侵入ならびに光照射効果が考えられる。Fig. 1(c)に Fig. 1(b)の計算に用いた N_{bt} と κ を示す。He プラズマの方が N_{bt} が大きいことから、He プラズマの方がボーダートラップを形成しやすいことが分かる。これは Ar と He のイオン侵入長の違いに起因すると考えられる。また、κ の違いは Ar と He プラズマ曝露で形成される欠陥の欠陥準位が異なることを示唆している。

【おわりに】SiN/Si 界面近傍のボーダートラップを取り入れた SiN 膜の新しいプラズマ誘起ダメージ解析手法を提案した。アドミタンスの周波数依存性から、プラズマ曝露により界面近傍に形成されるボーダートラップの詳細な構造を見積もることができる。

謝辞

本研究の一部は科研費 (JSPS) JP20J15696 の助成を受けたものである。

参考文献

[1] K. Eriguchi, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 06HA01 (2017). [2] T. Grasser et al., Phys. Rev. B, Condens. Matter **82**, 245318 (2010). [3] Y. Yuan et al., IEEE Electron Device Lett. **32**, 485 (2011).

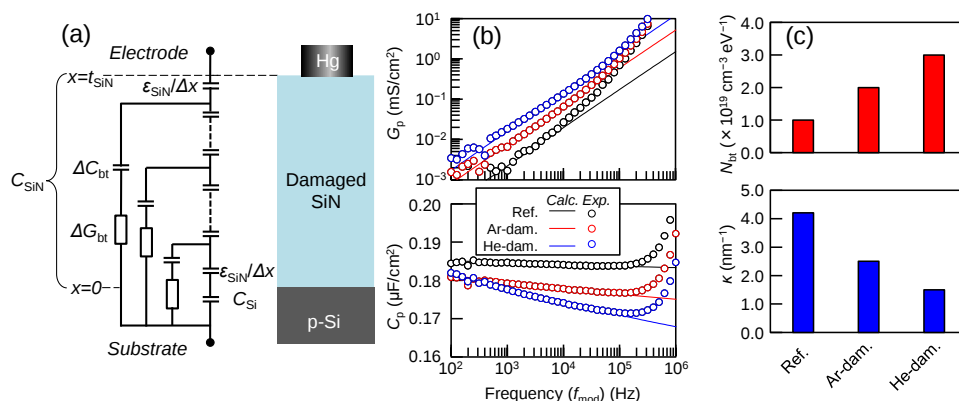


Figure 1 (a) RC equivalent circuit for border traps distributed over the depth of the damaged SiN film. (b) Experimentally obtained and theoretically predicted C_p-f and G_p-f curves. (c) The border trap density N_{bt} and the attenuation coefficient for electron wave function κ used for C_p-f and G_p-f and calculation shown in Fig. 1(b).