プラズマ曝露時の表面状態が Si 基板内のプラズマ誘起 欠陥分布に与える影響の定量評価

Electrical Analysis of Distributions of Defects in Si Substrates Introduced

by Plasma Exposure Under Various Surface Conditions

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

Kyoto Univ.¹, JSPS Research Fellow², °T. Kuyama^{1, 2}, S. Yura¹, K. Urabe¹, K. Eriguchi¹

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

【はじめに】半導体微細加工をはじめとするプラズマプロセスでは、加工中の高エネルギーイオン照射により材料表面近傍に欠陥(プラズマ誘起欠陥)が形成される[1]. 近年我々は、固体の表面状態、特に表面吸着物がプロセス雰囲気により変化することに注目し、プラズマ曝露時の表面状態がプラズマ誘起欠陥形成過程に与える影響を解析している. これまでの研究により、表面被覆率が異なる Si 基板にイオン照射を施した際に形成されるプラズマ誘起欠陥の電気的特性が異なることをコンダクタンス法により検出した[2]. 本発表では、Si 基板の表面状態がプラズマ誘起欠陥の空間分布に与える影響を、プラズマ曝露後の表面酸化層と Si 基板の電気特性から定量的に評価した結果を報告する.

【実験】自然酸化膜付き低抵抗 n 型 Si 基板を真空チャンバー内に設置し、1×10⁻¹ Pa (低真空; Low vacuum) および 4×10⁻⁵ Pa (高真空; High vacuum) まで排気した. 排気後 *in-situ* で各サンプルのフォトリフレクタンススペクトルを測定し、プラズマ曝露直前の表面被覆率が異なることを確認した. 以下では、それぞれのサンプルを低真空サンプルおよび高真空サンプルと表記する. その後、各サンプルを誘導結合型プラズマ (Ar ガス, 2.7 Pa) に曝露した. サンプル表面への平均入射イオンエネルギーは約 70 eV である. 水銀プローバーを用いてサンプル表面に電極を作製し、電流-電圧 (*I–V*) 特性、容量-電圧 (*C–V*) 特性を取得した. 取得した *C–V* 曲線に対して欠陥の空間(深さ)分布 ($n_{dam}(x)$)を指数分布 $n_{dam}(x)=n_0\exp(-x/\lambda_{dam})$ と仮定し、フィッティングを行った[3]. ここで、 n_0 は表面酸化層と Si 基板の界面における欠陥の空間密度、 λ_{dam} は欠陥分布の特性長さである. 【結果及び考察】図 1(a)に *I–V* 測定の結果を示す. 低真空サンプルは高真空サンプルより表面酸化層を流れるリーク電流が大きい. 分光エリプソメトリで評価した表面酸化層の厚さはほぼ等し

い(~3.7 nm)ため,リーク電流の違いは低真空サンプルの表面近傍に欠陥が多いことを示唆している.次に、図1(b)にフラットバンド電圧(V_{FB})付近の*C*-V特性を示す.*V_{FB}*から空乏領域にかけて指数分布モデルで精度よくフィットした.フィッティングにより得られた欠陥の空間分布を図1(c)に示す.図のように、λ_{dam}は高真空(8.4 nm)より低真空サンプル(4.8 nm)の方が小さい.以上の実験結果は、吸着物の表面被覆率が大きいSi基板に形成されるプラズマ誘起欠陥は表面付近に局在する傾向があることを示している.これは、入射イオンが吸着粒子に散乱され、固体中の飛程距離が短くなることに起因すると考えている.

【おわりに】表面吸着状態が異なる Si 表面近傍に生じるプラズマ誘起欠陥を2種の電気的測定手法により解析した. VFB 近傍から空乏領域の C-V 曲線にフィッティングすることで,吸着物の表面被覆率の違いに起因すると考えられる欠陥の空間分布の数 nm スケールの違いを定量化した.

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP20J15696 の助成を受けたもの である.また,名古屋大学低温 プラズマ科学研究センターにお ける共同利用・共同研究として 実施された.

参考文献

[1] K. Eriguchi, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 06HA01 (2017). [2] R. Kizaki et al., Proc. Symp. Dry Process, 2019, p. 205. [3] Y. Okada et al., Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 06HD04 (2017).



