

顕微フォトリフレクタンス分光法による シリコン深掘り孔底面および側壁のプラズマ誘起欠陥層解析 Characterization of Plasma-Damaged Layers at the Bottom and Sidewall of Si Deep-RIE Holes Using Micro Photorefectance Spectroscopy

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

Kyoto Univ.¹, JSPS Research Fellow², [○]Takashi Hamano^{1,2}, Keiichiro Urabe¹, and Koji Eriguchi¹

E-mail: hamano.takashi.35c@st.kyoto-u.ac.jp

1. はじめに

プラズマプロセス時に固体材料表面近傍に形成される欠陥（プラズマ誘起欠陥）が、デバイス性能、信頼性に大きな影響を与えている。近年デバイス構造の3次元立体化に伴い、複雑な3次元構造作製過程における欠陥形成が懸念されている[1]。例えば高アスペクト比深孔加工では、高エネルギー粒子のラテラル方向散乱に起因する側壁での欠陥層形成など3次元特有の欠陥形成機構が予測され、その実験的解析が期待されている。一方、構造体内部に対してブランク領域と同様の分析、解析手法を適用することは難しく、特に電子状態変化を同定した報告例は少ない。本講演では非接触、高感度な光学的欠陥解析手法である顕微フォトリフレクタンス分光法[2]を用いて、シリコン深孔底面および側壁表面のプラズマ誘起欠陥層を解析した結果について報告する。

2. 顕微フォトリフレクタンス分光法の原理

Fig. 1(a)に顕微フォトリフレクタンス分光法の枠組みを示す。プローブ光および周期的にチョップされたレーザー光が対物レンズを通じてSi表面に集光される。変調レーザー光によりSiの表面電界が変調されることで表面領域（～10 nm）の誘電関数が変調し、プローブ光の反射率変化として検出される。欠陥密度の増加とともに、反射率変化の波長スペクトル（PRスペクトル）のピーク強度が減少する。孔側壁はパターンを劈開して露出することで全深さ領域を測定できる。

3. 実験手法・結果

Bosch プロセス（SF₆, C₄F₈ ガス）を用いて n 型低抵抗 Si 基板内に深孔（60 μm 角, 深さ 150 μm）を作製した。その後誘導結合型プラズマ源（Ar ガス, $V_{pp} = 360$ V）に 30 s 曝露した。プローブ光のスポット径は 25 μm であり、孔底面および側壁の上部、下部を測定した。Fig. 1(b)に Ar プラズマ曝露前後での孔底面の PR スペクトルを示す。Bosch プロセスでは欠陥形成が抑制されており、Ar プラズマ曝露により多くの欠陥が形成されることがわかる。次に Fig. 1(c)に孔側壁を解析した結果を示す。微量の欠陥形成に伴う電子状態変化が確認できる。深さ方向には変化が見られないが、今回のアスペクト比では入射イオン数の差異が小さいためと考えられる。

4. おわりに

先端プラズマプロセス開発では、形状実現のみならず欠陥形成の考慮が不可欠となっている。本研究では、光学的手法を駆使してシリコン深掘り孔内部（底面、側壁）の欠陥形成を高感度に解析した。本解析は、今後の3次元構造特有のプラズマ誘起欠陥層形成機構の理解に有用である。

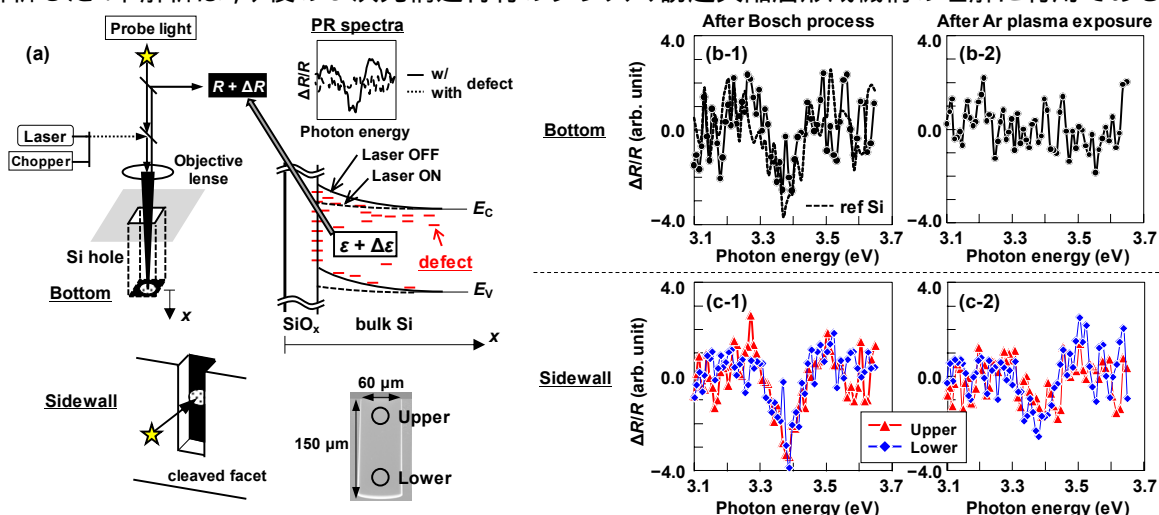


Fig. 1 (a) Schematics of the micro photorefractance (PR) spectroscopy for the analysis of Si holes.

(b) PR spectra of bottom of Si holes (1) before and (2) after Ar plasma exposure.

(c) PR spectra of sidewall of Si holes (1) before and (2) after Ar plasma exposure.

謝辞 本研究の一部は科研費（20J22727）の助成を受けて行われた。また、名古屋大学低温プラズマ科学研究センター、京都大学微細加工プラットフォームの支援を受けて実施された。

参考文献

[1] K. Eriguchi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 03DE02 (2014). [2] A. Matsuda *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **53**, 03DF01 (2014).