

## シリコン窒化膜に形成されるプラズマダメージの 機械特性評価と電気特性評価との相関に関する検討

### A Comparative Study on Relationship between Mechanical and Electrical Property

#### Change in Silicon Nitride Films Damaged by Plasma Exposure

京大院工<sup>1</sup>, 学振特別研究員 DC<sup>2</sup>, <sup>○</sup>郷矢 崇浩<sup>1</sup>, 久山 智弘<sup>1,2</sup>, 占部 継一郎<sup>1</sup>, 江利口 浩二<sup>1</sup>

Kyoto Univ.<sup>1</sup>, JSPS Research Fellow<sup>2</sup>, <sup>○</sup>T. Goya<sup>1</sup>, T. Kuyama<sup>1,2</sup>, K. Urabe<sup>1</sup>, and K. Eriguchi<sup>1</sup>

E-mail: goya.takahiro.78m@st.kyoto-u.ac.jp

#### 【はじめに】

プラズマプロセス時に絶縁膜中に形成されるプラズマダメージ (PID) はデバイス特性および信頼性に重大な影響を及ぼす。PID 定量化には絶縁膜中に形成される固定電荷の影響を詳細に捉える電気特性変化評価が有効である[1]。一方で我々は、PID による機械特性変化に着目し、繰り返し (荷重変位) ナノインデンテーション[2]を用いた解析手法を提案してきた[3][4]。繰り返しナノインデンテーションは、PID による機械特性変化の高精度な解析が期待されている一方で、従来の電気特性変化との相関に関する検討は十分でなかった。本研究では、繰り返しナノインデンテーションを用いた機械特性評価と電気特性評価との相関を詳細に調べた。

#### 【アプローチ】

本実験の概念図を Fig. 1(a)に示す。p 型 Si 基板上に成膜した SiN 膜 (光学膜厚約 220 nm) を、誘導結合型プラズマ (Ar, He ガス) に 60 秒間曝露した。| $V_{dc}$ | ( $\propto$ 平均入射イオンエネルギー) は 100, 200, 400 V とした。プラズマ曝露前後の各サンプルに対し、繰り返しナノインデンテーション解析を行った。なお、繰り返しナノインデンテーションは面内の複数点測定からの平均値との比較から繰り返し統計解析[3][4]の妥当性について確認している。最大押し込み深さは約 20 nm, 繰り返し回数は 50 回とした。各押し込みに対する除荷曲線の傾き (接触剛性  $S$ ) を算出した。また Hg プローバを用いて、 $C$ - $V$ 測定 (変調周波数 100 kHz, 面内 5 点) を行った。

#### 【結果及び考察】

Fig. 1(b)に Ar ガスで曝露した SiN 膜に対する  $C$ - $V$  曲線の 1 例を示す。プラズマ曝露によりフラットバンド電圧  $V_{FB}$  は正負にシフトした。このことは、極性の異なるキャリア捕獲の影響を受けている[5]ことを示唆している。 $V_{FB}$  および  $S$  のそれぞれ未曝露からの変化の関係を Fig. 1(c)に示す。電気特性評価では欠陥の極性に起因する変化が観測されるが、機械特性評価では単調に  $S$  がシフトしている。プラズマ条件による特性変化については電気特性変化と近い傾向を示した。ナノインデンテーション時に圧子の押し込みによるひずみはおよそ薄膜全体で生じており[6]、また、本手法による欠陥解析は電気特性評価とは異なる欠陥の応答を観測していると言える。

#### 【おわりに】

繰り返しナノインデンテーションは、プラズマ曝露中の欠陥形成による微小な特性変化を電気特性評価と同等の精度で評価することができる。

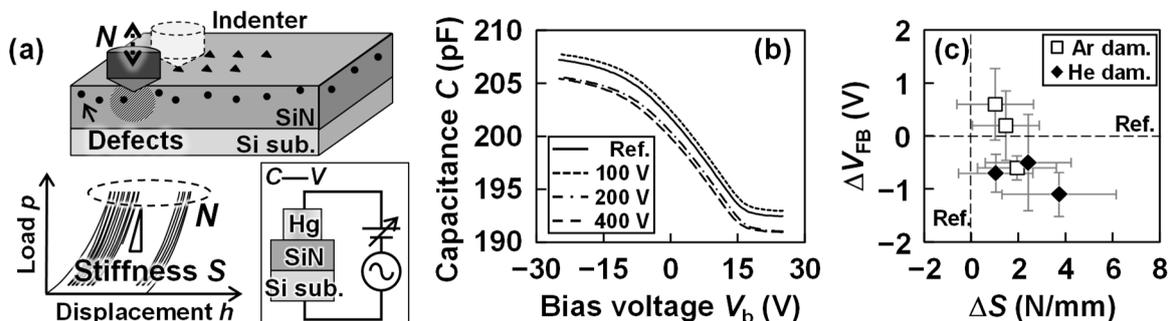


Figure 1 (a) Schematic of mechanical and electrical property evaluation scheme. Mechanical properties are determined from the response-load vs displacement curve. (b)  $C$ - $V$  characteristics for Ar damaged SiN films. (c) Relationship between stiffness shift ( $N > 10$ ) and flat-band voltage shift.

参考文献[1] K. Eriguchi, Jpn. J. Appl. Phys. **60**, 040101 (2021). [2] W. C. Oliver *et al.*, J. Mater. Res. **7**, 1564 (1992). [3] 郷矢崇浩 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会 12a-N102-6 (2021). [4] T. Goya *et al.*, Proc. Symp. Dry Process, 2021, p. 35. [5] W. S. Lau *et al.*, J. Appl. Phys. **66**, 2765 (1989). [6] A. C. Fischer-Cripps, *Nanoindentation* (Springer-Verlag, New York, 2011).