## プラズマ曝露により絶縁膜/Si 界面近傍に形成される欠陥構造の アドミタンスモデル解析

## Admittance Analysis of Defect Creation near Dielectric/Si Interface by Plasma Exposure 京大院工<sup>1</sup>, 学振特別研究員 DC<sup>2</sup>, <sup>O</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>o</sup>T. Kuyama<sup>1, 2</sup>, K. Urabe<sup>1</sup>, K. Eriguchi<sup>1</sup>

## 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.中でも絶縁体/半導体界面近傍に 形成される欠陥は、デバイス動作時にノイズ増大・信頼性劣化を引き起こす[1].このような界面 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.これまで我々は、プ ラズマ曝露により界面近傍の絶縁膜側に形成される欠陥(ボーダートラップ)評価に等価回路モ デルを適用し、ArとHeプラズマ曝露での欠陥形成の違いを議論した [2].今回、欠陥形成領域が 広いプラズマ曝露(Heプラズマ)で想定される絶縁体/半導体界面近傍のSi基板側における欠陥 形成機構を、Hg/SiN/Si (MIS)構造へのバイアス印加を最適化することで解析した.

【モデル構造】MIS 構造中の欠陥は、バイアス印加に応じキャリア捕獲・再結合準位として働く. 逆バイアス印加時には基板に反転層が形成され、反転層中のプラズマ誘起欠陥が生成再結合中心 として働く. (Fig. 1(a)) この欠陥誘起キャリアの準位を介した伝導は、逆バイアス印加時のアド ミタンス Y<sub>dam</sub> として書くことができる [3].

$$Y_{\rm dam} = \frac{C_{\rm dam}}{\tau_{\rm dam}} \ln(1 + j\omega\tau_{\rm dam}) \tag{1}$$

ここで、 $C_{dam}$ は欠陥量 $D_{dam}$  (=  $C_{dam}/q$ )に相当する容量、 $\tau_{dam}$ は生成再結合の時定数である.欠陥を含む基板側の領域に、Si空乏層容量と欠陥誘起キャリア伝導からなる等価回路モデル(Fig. 1(a))を適用する.なお、欠陥誘起キャリア伝導経路は反転層容量 $C_{I}$ と $Y_{dam}$ の直列接続と仮定した.

【実験】低抵抗 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(He ガス, 2.7 Pa) に曝露した.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.,曝露サンプル: PID) に対し,測定周波数 1 MHz から 100 Hz における逆バイアス(10 V)時のアドミタンス( $Y = G_p + j\omega C_p$ )測定を行い,等価回路モデルから  $D_{dam} \ge \tau_{dam}$ を見積もった.

【結果及び考察】Fig. 1(b)に計測した  $C_{p-f}$ 曲線,およびモデルフィッティングで得られた  $C_{p-f}$ 曲線を示す. PID の場合, 10 kHz 程度から低周波数側にかけて生じる特徴的な  $C_{p}$ 増加が確認できる. 加えて, Fig. 1(c)に示すように  $G_{p}$ の周波数依存性も確認できる. 形成された欠陥の密度,時定数はそれぞれ  $D_{dam}=2.4\times10^{14}$  eV<sup>-1</sup>cm<sup>-2</sup>,  $\tau_{dam}=1.9\times10^{-2}$  s となった. Shockley-Read-Hall 統計を用いれば,得られた  $\tau_{dam}$  から Si 基板側の欠陥準位を見積もることができる.

【おわりに】SiN/Si界面近傍のSi基板側に形成されるプラズマ誘起欠陥の新しい解析手法を提案した.本手法は欠陥形成領域が広いPID解析,特に基板側の欠陥形成解析に有効である.



Figure 1 (a) An equivalent circuit model for a damaged SiN/Si structure after He plasma exposure. (b) Experimentally obtained and theoretically predicted (b)  $C_p$ -f and (c)  $G_p$ -f curves for Ref. and damaged (PID) samples.  $C_p$  and  $G_p$  were obtained from the model in Fig. 1(a).

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] R. Ranjan et al., in Proc. 2021 IEEE International Reliability Physics Symposium (IRPS), pp. 3A-2-1–3A-2-5. [2] T. Kuyama et al., JSAP spring meeting, 17a-Z03-1 (2021). [3] E. H. Nicollian and J. R. Brews, MOS (Metal Oxide Semiconductor) Physics and Technology (Wiley, NY, 1982).