

チャージポンピング EDMR 法における信号強度の温度依存性評価

Evaluation of Temperature Dependence of Signal Intensity in Charge-pumping EDMR

静岡大電研 ^{○(M1)} 安藤 克哉, 堀 匡寛, 土屋 敏章, 小野 行徳

Shizuoka Univ., ^{○(M1)} Katsuya Ando, Masahiro Hori, Toshiaki Tsuchiya, Yukinori Ono

E-mail: hori.masahiro@shizuoka.ac.jp

チャージポンピング EDMR 法は、チャージポンピング法[1-3]と電子スピン共鳴法[4]とを組み合わせた新しい界面欠陥評価手法である。我々はこれまでに同手法をシリコン MOS 界面に適用し、チャージポンピング法で検出される界面欠陥の種類の同定に成功している[5,6]。本報告では、チャージポンピング EDMR 法における信号の強度の測定温度依存性を調べたので報告する。

図 1(a)にチャージポンピング EDMR 法の測定系を示す。EDMR(Electrically detected magnetic resonance)法は、電子スピン共鳴を（マイクロ波の強度ではなく）トランジスタ電流の変化として検出する手法である。ここでは EDMR 法をチャージポンピングモードで行うため、ゲートにパルス電圧を印加し、反転状態と蓄積状態との繰り返しで生じる界面欠陥を介した電子正孔再結合電流（チャージポンピング電流）をモニターする(図 1(b))。N 型 MOSFET（欠陥密度は FN ストレスにより $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ ）を配線した状態で電子スピン共鳴装置（X バンド, 10GHz）のキャビティに挿入し、磁場を掃引して電子スピン共鳴に伴う電流の微小変化をロックイン検出する。測定温度を $T=20\text{K}$ から室温まで変化させて、それぞれの信号を取得した。

図 2(a)に $T=20\text{K}$ における測定結果(ロックイン検出で得られた微分形信号)を示す。これを積分したものを図 2(b)に示す。同信号は 3 つのピークに分離できるが、これらの起源はそれぞれ界面に存在する P_{b0} センタ（赤線）、 P_{b1} センタ（緑線）、および界面近傍の酸化膜中に存在する E' センタ（青線）である[6]。次に測定温度を 20K から上昇させた測定結果を図 2(b)の下に示す。（図中では $T=20\text{K} \sim 40\text{K}$ までの信号を示している。）信号の強度が、測定温度の上昇に伴って減少していることがわかる。この結果は、チャージポンピング電流値がスピン-格子緩和時間に依存していることを強く示唆するものであり、今後、温度依存性を詳細検討することにより、チャージポンピング過程におけるスピン偏極効果を明らかにできるものと期待される。

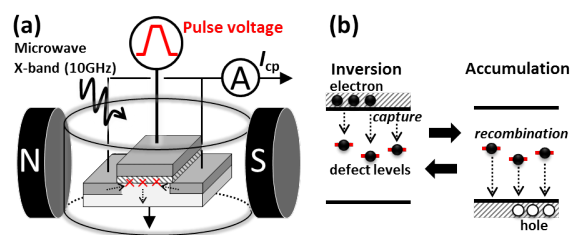


Fig.1 (a)Measurement setup for charge pumping EDMR. N-type MOSFET fabricated on a (100) silicon was used for a test device. The defect states of $1 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2}$ was induced by FN stress. (b)Band diagrams for charge pumping processes.

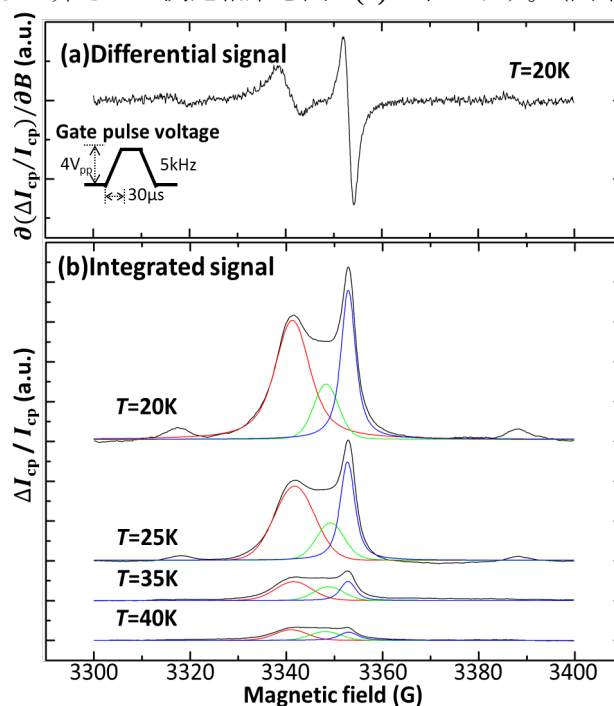


Fig.2 (a)Output (differential) signal at $T = 20 \text{ K}$, and (b)integrated signals at $T = 20 \sim 40 \text{ K}$.

- [1]G. Groeseneken et al., *IEEE Trans. ED* **31**, 42 (1984).
 [3]M. Hori et al., *Appl. Phys. Lett.* **106**, 041603 (2015).
 [5]M. Hori et al., *Appl. Phys. Express* **10**, 015701 (2017).

- [2]M. Hori et al., *Appl. Phys. Lett.* **105**, 261602 (2014).
 [4] M. Hori et al., *Appl. Phys. Lett.* **106**, 142105 (2015).
 [6]堀匡寛他, 第 77 回秋季応物学会 7a-PB3-9 (2017).

本研究の一部は、科学研究費補助金(Nos. 15K13970, 16H02339, 16H06087)、JST CREST(JPMJCR1774)、生体医歯工学共同研究拠点/静岡大学電子工学研究所の共同研究プロジェクトの助成を受けて行われた。