

二光子吸収型パルスレーザーを用いた  
薄膜 BOX SOI SRAM の特異な線状ソフトエラーに関する研究

Study on abnormal line-type soft errors in thin-BOX SOI SRAMs  
investigated by pulsed laser employing two-photon absorption process

東大院工<sup>1</sup>, JAXA 宇宙研<sup>2</sup>, JAXA 研開部門<sup>3</sup>, 三菱重工業 (株)<sup>4</sup>

Univ. Tokyo<sup>1</sup>, ISAS/JAXA<sup>2</sup>, JAXA R&D<sup>3</sup>, MHI Ltd.<sup>4</sup>

○井辻 宏章<sup>1,2</sup>, 小林 大輔<sup>1,2</sup>, 川崎 治<sup>3</sup>, 松浦 大介<sup>4</sup>, 成田 貴則<sup>4</sup>,

加藤 昌浩<sup>4</sup>, 石井 茂<sup>4</sup>, 益川 一範<sup>4</sup>, 廣瀬 和之<sup>1,2</sup>

○Hiroaki Itsuji<sup>1,2</sup>, Daisuke Kobayashi<sup>1,2</sup>, Osamu Kawasaki<sup>3</sup>, Daisuke Matsuura<sup>4</sup>, Takanori Narita<sup>4</sup>, Masahiro Kato<sup>4</sup>, Shigeru Ishii<sup>4</sup>, Kazunori Masukawa<sup>4</sup>, Kazuyuki Hirose<sup>1,2</sup>

E-mail: h.itsuji@ac.jaxa.jp, hirose@isas.jaxa.jp

[研究背景] Silicon on insulator (SOI) 技術の発展とともに, SOI SRAM の buried oxide (BOX) 層の薄膜化が進んできた. BOX 層の薄膜化により, BOX 層下部のウェルにバックバイアスを印加することで, SOI SRAM の消費電力を抑制することが可能になった. 信頼性の観点では, 放射線によるデータ保持情報の反転, すなわちソフトエラーの耐性を確保することが重要である. しかしながら, そのような SOI SRAM にバックバイアスを印加すると, 宇宙放射線に相当する高エネルギー重イオンに対するソフトエラー耐性が低下することが, 重イオン照射試験によりわかった [1]. 具体的には, Kr イオン等の照射試験でバックバイアスを印加した時は, バックバイアスを印加しなかった時と比べ, ソフトエラー感応面積が約 100 倍になった. SOI MOSFET のソフトエラー感応面積だけでは, 約 100 倍増加したことを説明できない. そこで, BOX 層の下のウェルのポテンシャル変動により, 約 100 倍増加したと予想されている [1]. そのようにバックバイアスを印加した時には, 10 bit 以上の線状のソフトエラー領域が現れた. これまでの SOI SRAM では, そのような線状のソフトエラー領域が観測されたことはなかった. その線状のソフトエラー領域の発生機構を完全に理解するためには, 更なる研究が必要である. これまで, バックバイアスを増加させると, どのように線状のソフトエラー領域に発展していくかは不明であった. そこで, パルスレーザーを用いた以下の実験を行った.

[実験方法] 重イオン照射試験では, 照射位置を固定することが困難であるのに対して, パルスレーザーを用いると照射位置を固定できる. そのため, パルスレーザーを用いた方法は, バックバイアスを増加させると, どのように線状のソフトエラー領域に発展していくかを調べることに適している. 本実験では, SOI SRAM チップ裏面からレーザーパルスを照射した. 裏面照射に必要な長い侵入長を実現するため, 二光子吸収型パルスレーザー [2] を用いた. その波長は  $1.26 \mu\text{m}$ , パルス幅は 130 fs, 最大のパルスエネルギー (PE) は 22 nJ であった. 測定した SOI SRAM の構造は, 重イオン照射試験 [1] で用いたのと同じで, トリプルウェル構造を有する. まず, 全てのメモリセルに 0 のデータを書き込んだ. その後, 対物レンズで集光したレーザーパルスを 1 発照射して, データが 1 に反転した領域を調べた. 動作電圧  $V_{DD}$  は重イオン照射試験と同じ 1.2 V にした. また, N ウェルへのバックバイアス  $V_{Bn}$ , P ウェルへのバックバイアス  $V_{Bp}$  はそれぞれ,  $V_{Bn} = V_{DD} + V_B$ ,  $V_{Bp} = -V_B$  を満たすようにした. ここで,  $V_B$  は便宜上のパラメータである.

[実験結果] Fig. 1 に, 例として, PE が 1.2 nJ のレーザーパルスを照射したときのソフトエラー領域を示す [3]. ソフトエラー領域のビットライン方向の長さ  $L$  は,  $V_B$  の増加とともに, 増大することがわかった. 領域 A はセルごとのばらつきで生じたと予想される. また, ソフトエラーの有無が変化した領域 B は, PE のばらつきで生じたと予想される. Fig. 1(b) より, 線状のソフトエラー領域は, ウェルコンタクトの反対側へ広がる傾向があることがわかった. Fig. 1(c) で, ソフトエラー領域がウェルコンタクト方向へも伸びることがわかった. ただし, ウェルコンタクトまでは伸びなかった. これらの, 線状ソフトエラー領域への発展に関する知見は, 照射位置を固定できない重イオン照射試験では得ることができない. これらの結果と, ウェルコンタクト付近ではウェルのポテンシャル変動が起こりにくいことを考慮すると, 線状のソフトエラー領域はウェルのポテンシャル変動により生じたと考えられる. この考察は, [1] の重イオン照射試験データをもとにした前述の予想を強く支持するものである. 今後, 線状ソフトエラーの発生機構の更なる理解のため, 発生条件等を詳細に調べる予定である.

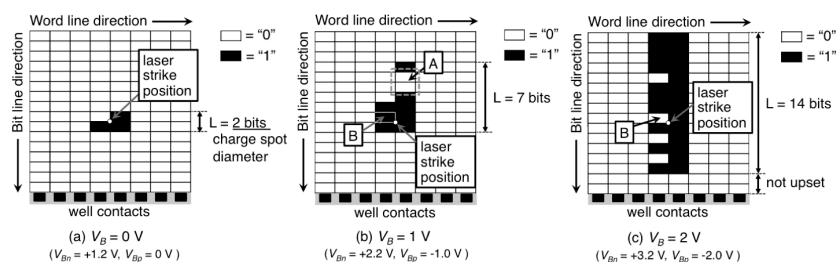


Fig 1. Example of measured upset maps after single laser-pulse irradiation at PE = 1.2 nJ[3].

[1] D. Kobayashi et al., in Proc. IEEE IRPS, 3D.2, 2017. [2] H. Itsuji et al., Jpn. J. Appl. Phys., vol. 56, 04CD16, 2017. [3] H. Itsuji et al., IEEE NSREC, PE-5L, 2017, to be presented.