

【招待講演】基板バイアスを印加した薄膜 BOX-SOI SRAM における重イオンソフトエラー：線状複数反転により 100 倍になった感受性

【Invited】 Heavy-Ion Soft-Errors in Back-Biased Thin-BOX SOI SRAMs:

Hundredfold Sensitivity due to Line-Type Multi-Cell Upsets

1. JAXA 宇宙研, 2. JAXA 研開, 3. 量研, 4. 三菱重工業 (株)

○ 小林 大輔¹, 廣瀬 和之¹, 伊藤 大智², 梯 友哉², 川崎 治², 牧野 高紘³, 大島 武³,
松浦 大介⁴, 成田 貴則⁴, 加藤 昌浩⁴, 石井 茂⁴, 益川 一範⁴

1. ISAS/JAXA, 2. R&D/JAXA, 3. QST, 4. MHI Ltd.

○ D. Kobayashi¹, K. Hirose¹, T. Ito², Y. Kakehashi², O. Kawasaki², T. Makino³, T. Ohshima³,
D. Matsuura⁴, T. Narita⁴, M. Kato⁴, S. Ishii⁴, and K. Masukawa⁴

E-mail: d.kobayashi@isas.jaxa.jp

第10回シリコンテクノロジー分科会論文賞という名誉ある賞を賜り、誠にありがとうございます。受賞したソフトエラー(SE)に関する論文[1]について、以前発表した内容[2-5]とその後の進展[6-8]を合わせてご紹介します。SEは50年以上の長い歴史を持つため解決済みと誤解されることがありますが、実際には常に最前線的话题で、新しいデバイス(含む Beyond CMOS)が出る度に考えなければいけません。一方のSOI技術も長い歴史を持ち、消費電力削減だけでなくSE対策にも有利な技術として教科書に載っています。こちら最前線にあり続け、近年は埋め込み酸化膜(BOX)を10 nm程度に薄膜化したものが開発され、更にその下にウェル構造を埋め込み、柔軟な基板バイアス(V_B)制御を実現しています。私共はそのようなSOIデバイスに、銀河宇宙放射線を模擬した重イオン放射線を照射してSEを調べました。Fig. 1は、量研(高崎)のサイクロトロンを使って322-MeV KrをSRAMに垂直照射した時の結果です。データが反転してSEを起こしたセル(黒四角)は $V_B = 0$ Vでは少数が点状に分布しましたが、 $V_B = 2$ Vでは数が100倍近く増え線状に分布しました。「絶縁膜による素子分離ゆえSOIでは線状反転が起きない」と言う通説に反した驚く結果でした。統計的手法や日本で初めての二光子吸収レーザーSE試験装置[9]を使って原理を探究し、放射線が埋め込みウェルに電位変動をもたらし、それがBOX容量を介してトランジスタを誤動作させたと結論しました。「BOXがその下に発生した放射線由来の雑音を遮断するからSOIはSEに強い」という説明を更新する時期が来たようです。興味深いのは、この新しいSEが地上放射線を模擬した実験では認められていない点です[10,11]。そこで原理を数式で記述し、放射線の強さをパラメータに組み込んだ所[6]、

地上放射線では起きる可能性が著しく低いことを見出しました。謝辞 本研究を大幅に進展させてくれた東大博士課程(当時)の井辻君とチョン君に感謝します。参考文献 [1] Kobayashi, IEEE TNS **65**(1) 2018. [2] 小林, 応物春 (2018) 18p-G203-2. [3] Chung, 応物春 (2018) 18p-A202-8. [4] Chung, 応物秋 (2017) 8a-A411-4. [5] 井辻, 応物秋 (2017) 8a-A411-5. [6] Chung, IRPS(2017) 4C.3. [7] Itsuji, IEEE TNS **65**(1) 2018. [8] Chung, IEEE TDMR **18**(4) 2018. [9] Itsuji, JJAP **56**(4S) 2017. [10] Roche, IEDM(2013) 31.1. [11] Zhang, IEEE TNS **63**(4) 2016.

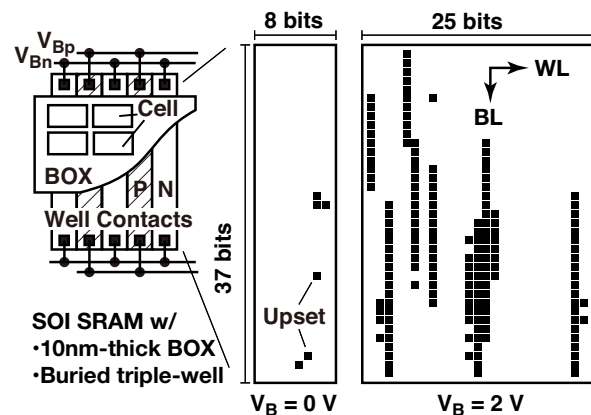


Fig. 1: Physical maps of upset cells after Kr irradiation, revealing line-type distributions for 2-V back bias (V_B): $V_{Bn} = V_{DD} + V_B$, $V_{Bp} = -V_B$.