

デバイスシミュレーションを用いた宇宙における SOI デバイスの物理的研究
 —埋め込み酸化膜の下のウェルに与える銀河宇宙線の影響—
 Device Simulation Study on the Physics of SOI Devices in Space
 —Effects of Galactic Cosmic Rays on a Well Structure Under the Buried Oxide—

○チン-ハン チョン¹, 小林 大輔^{1,2}, 廣瀬 和之^{1,2} (1. 東大院工, 2. JAXA 宇宙研)

○Chin-Han Chung¹, Daisuke Kobayashi^{1,2}, and K. Hirose^{1,2}

(1. Univ. of Tokyo, 2. ISAS/JAXA) E-mail: d.kobayashi@isas.jaxa.jp

宇宙と地上では存在する放射線に違いがあり、半導体デバイスを宇宙で使う際の課題をもたらす。宇宙に存在する強力な放射線「銀河宇宙線」が一発 Si に侵入すると、総量にして 1 pC、最大密度にして 10^{21} cm^{-3} を超えるような電子・正孔対 (EHP) を作り、デバイスの誤動作や故障を引き起こす。放射線の侵入は一過性で、時空間でランダムであるため、通常では電荷が発生しないような時と場所に突如デバイスの設計パラメータを超えるような多量で高密度の EHP が作られる点がこの現象の特徴である。解析式で記述することがしばしば難しいため、強制的に EHP を注入する機能を付加したデバイスシミュレーション (DS) が欠かせない。ここでは、我々が現在取り組んでいる研究課題を例に挙げて、その重要性を示す。

SOI 構造は埋め込み酸化膜 (BOX) によって下の Si で発生した EHP の侵入を阻止できる利点があるため、宇宙でしばしば使われる。近年は 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んで柔軟な基板バイアス (V_B) 制御ひいては電力制御を実現するものもあり魅力が増している。そのような SOI SRAM に銀河宇宙線を模擬した 322-MeV Kr を照射したところ、記憶を失ったメモリセルの数が、 V_B を印可しない時に比べて印可した時で二桁増える事、そのメモリセルがビットライン (BL) に沿って分布する事を見出した (Fig. 1(a,b))[1,2]. この理由として、Fig. 1(c) のように埋め込みウェルに着目し、EHP によってウェルが短絡し、負電位であった P ウェル (BL 方向に長い短冊形を有す) が正に転じて BOX 上の NMOS トランジスタがオンしたと考えた [1,2]. その正転の時間長さを解析的に求めることは困難なため、Fig. 1(d) のように DS で埋め込みウェルに EHP を強制注入した所、SRAM を反転させるのに十分そうであることがわかった [1]. 基板濃度などの効果を DS を用いて解析しており当日紹介する [3,4].

参考文献 [1] Kobayashi, IRPS (2017) 3D-2. [2] Kobayashi, IEEE TNS 65(1), 2018, to be published. [3] Chung, RADECS (2017) C-4. [4] Chung, IRPS (2018) 4C.3.

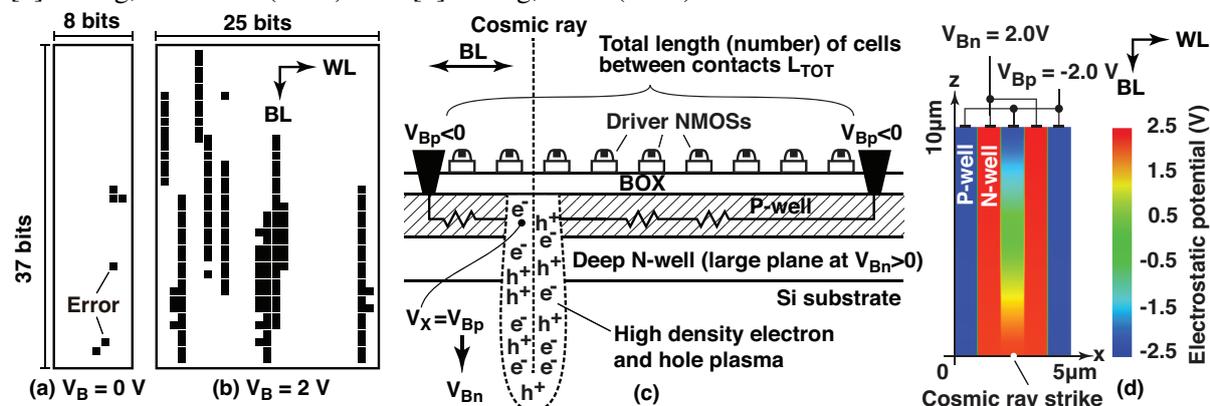


Fig. 1: (a,b) Physical maps of the upset cells in an SOI SRAM after Kr irradiation. The tested SRAM had a buried triple-well structure under BOX. The upset cells distributed along the bit line (BL) direction for 2-V back bias (V_B). (c) Conceptual drawing of the cosmic-ray effect on the buried triple well and (d) its device simulation. The struck P-well becomes positive, and the NMOS transistors turn on.