

遠くに飛んだデルタ線によるソフトエラーに対するスケージングの効果

Device scaling effects on soft errors caused by long traveled delta-rays

○ 澁田 紳平^{1,2}、小林 大輔^{1,2}、廣瀬 和之^{1,2}(1. 東大院工、2. 宇宙研)○ Shimpei Fuchida^{1,2}, Daisuke Kobayashi^{1,2}, Kazuyuki Hirose^{1,2}

(1.Univ. Tokyo, 2.ISAS/JAXA)

E-mail: s.fuchida@ac.jaxa.jp, hirose@isas.jaxa.jp

[はじめに] 半導体集積回路においては、ソフトエラーの発生過程は、(1) 放射線によって電子が生成され、(2) 輸送され、(3) 回路が応答するといった3つの要素に分けられる。近年、(1)の過程で生じるデルタ線が、遠くに飛んで、放射線が当たった場所よりも遠い場所の素子が誤動作する場合は指摘され始めた [1]。そこで我々は、この誤動作現象が半導体集積回路のスケージングの影響をどう受けるかを調べた。

[PHITS シミュレーション] 粒子・重イオン輸送コード「PHITS」 [2] を用いた。その体系を図1に示す。まずは、素子として、ゲート長が200 nm のバルク MOSFET を想定した。一般的に、バルク MOSFET においてはドレイン領域が放射線に敏感で、そこに付与される電荷量によってソフトエラーが起きる・起きないを議論できる。本研究では、デルタ線の遠隔作用を調べるために、ドレインから100 nm 離れたゲート中央部分に垂直に放射線を入射し、ドレインに付与した電荷量を調べた。なお、入射した放射線は100 MeV の陽子である。この試行を 10^8 回実施した。最大で $Q_\delta = 1.95 \times 10^{-1}$ fC の電荷がドレインに付与された。
[考察] 今回想定した MOSFET の場合、電源電圧 $V_{DD} = 2.0$ V で動作し、MOS キャパシタの静電容量は $C = 5$ fC である [3]。そこで、ソフトエラーのしきい値として $Q_0 = 1/2 CV = 5$ fC を採用すると (仮定 A)、デルタ線によるソフトエラーは起きないと言える。なお、このしきい値の見積もりは実際よりも小さくなるのが一般的である。

次に、理想的なスケージング則が適用されたとし、ゲート長が κ 倍になったとすると、 Q_0 は $1/\kappa^2$ に比例する (図2実線)。そして、ゲート長が200 nm 未満となる場合においても、 Q_δ が同じ値であると仮定すると (仮定 B)、図2のような大小関係を得る。 $Q_\delta > Q_0$ となるのは、おおよそ40 nm であることが分かった。すなわち、(2)の輸送過程を経ずにドレインへ直接電子を付与するデルタ線によって、ソフトエラーが起こる可能性がある。仮定 A・仮定 B が結果にもたらす影響を今後整理し、本考察の妥当性を議論する。

- [1] Michael, P. King. The impact of Delta-rays on single-event upsets in highly scaled SOI SRAMs. 2010 IEEE Transactions on Nuclear Science. 2010, vol. 57, no. 6, p. 3169–3175.
[2] T. Sato. et al. Particle and Heavy Ion Transport Code System PHITS, Version 2.52. Journal of Nuclear Science and Technology. 2013, vol. 50, no. 9, p. 913–923.
[3] K. Hirose. et al. SEU resistance in advanced SOI-SRAMs fabricated by commercial technology using a rad-hard circuit design. IEEE Transaction on Nuclear Science. 2002, vol. 49, no. 6, p. 2965–2968.

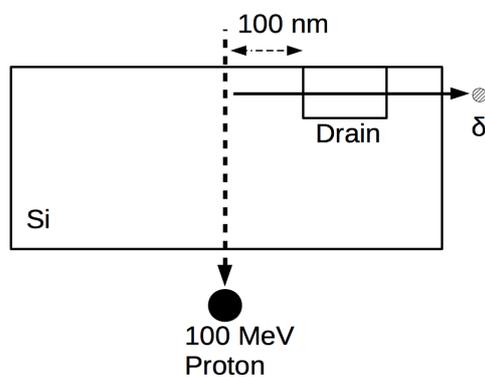


図 1: Simulation setup

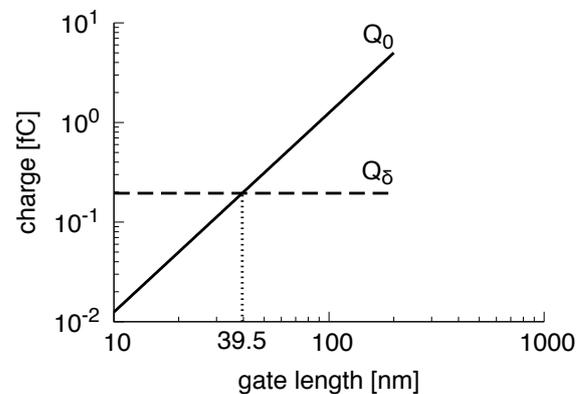


図 2: Critical charge