SiC デバイスの高速スイッチング時における不完全イオン化による影響のシミュレーション検討

Simulation of Incomplete Ionization on SiC devices during high speed switching

三菱電機(株) 先端技術総合研究所
○海老原 洪平，川原 洸太朗，渡邊 寛，中田 修平，山川 聡
Advanced Technology R&D Center, Mitsubishi Electric Corporation
°Kohei Ebihara, Kotaro Kawahara, Hiroshi Watanabe, Shuhei Nakata and Satoshi Yamakawa
E-mail: Ebihara.Kohei@da.MitsubishiElectric.co.jp

SiC パワーデバイスは Si と比べて低損失な次世代パワーデバイスとして期待されており、国内外で既に量産が始まっている。また、高耐圧クラスにおいてもユニポーラデバイスの適用が見込まれ、Si デバイスよりも高速でスイッチング動作を行うことが期待される。

我々の研究グループでは、n 型 SiC 基板に Al イオンを注入した p 型 SiC 領域において、広く知られているアクセプタ準位（0.19 eV）とは別に高密度の深い準位（0.32 eV）が存在することを見出し、既に報告している[1]。今回、その深い準位をアクセプタ準位として TCAD のパラメータに適用し、高速スイッチングを行った場合の SiC デバイスに対する不完全イオン化の影響についてシミュレーション検討を行った。

今回のシミュレーションにおいて、p 型領域内のキャリアの振舞いを検討するため、p, n 型領域の濃度/厚みが共に 2×10^{17} cm^{-3} / 1 μm である単純な pn 接合ダイオードに対して DC および 500 kV/μs の高速で逆方向電圧を印加し、SiC 内部の空間電荷の分布を調べた。図 1 は従来のアクセプタ準位のみを設定した 1 準位モデルと、さらに深い準位を設定した 2 準位モデルのシミュレーション結果を比較して示している。2 準位モデルでは高 dV/dt 時に p 型領域の空乏層内の空間電荷量が大きく減少しており、深い準位からキャリアが完全に放出されず、実効的に p 型領域の濃度が減少するような振舞いをしている。図 2 は p 型領域のみ 4×10^{17} cm^{-3} と高濃度化した場合の 2 準位モデルのシミュレーション結果を示している。p 型領域を高濃度化することで 500 kV/μs で動作した場合において元々の 2×10^{17} cm^{-3} の場合と同程度の空間電荷量となり、高速スイッチング時に不足するキャリアを補えることが分かった。

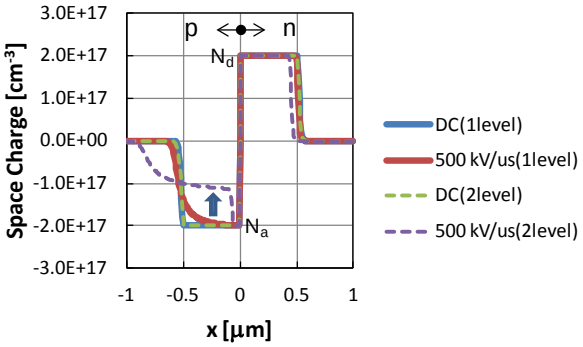

図 1　高速スイッチング時の空間電荷分布

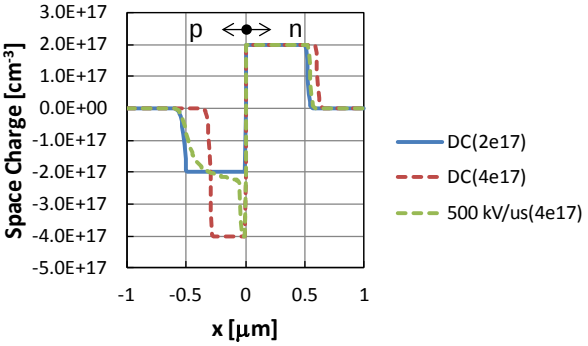

図 2　p 型領域を高濃度化した場合の空間電荷分布

[1] K. Kawahara, et al., Mater. Sci. Forum 821-823 (2015) 403-406

© 2016年 応用物理学会