

ダイヤモンド Schottky-pn ダイオードの電気特性

Electrical properties for diamond Schottky-pn diode

産総研エネ部門¹, CREST/JST², 筑波大³ ○牧野俊晴^{1,2}, 桑原大輔^{1,2,3}, 松本翼^{1,2,3},加藤宙光^{1,2}, 竹内大輔^{1,2}, 小倉政彦^{1,2}, 大串秀世^{1,2}, 山崎聡^{1,2,3}ETRI, AIST¹, CREST/JST², Univ. of Tsukuba³ ○T. Makino^{1,2}, S. Ri¹, T. Matsumoto^{1,2,3},D. Kuwabara^{1,2,3}, H. Kato^{1,2}, D. Takeuchi^{1,2}, M. Ogura^{1,2}, H. Okushi^{1,2}, and S. Yamasaki^{1,2,3}

E-mail: toshi-haru-makino@aist.go.jp

パワースイッチングデバイスを実現するには、「低いオン抵抗」「高い耐圧」が鍵となる。これらの条件を同時に実現するために、我々は、 p^+ - n 接合と n 型 Schottky 接合を直列に組み合わせ、さらに活性層となる n 層を完全に空乏化した新規なデバイス構造を有するダイヤモンド Schottky-pn ダイオード (SPND) を提案した[1]。SPND のポアソン方程式に基づいたバンドダイアグラムの解析によれば、オン抵抗は p^+ 層のアクセプター (ボロン) 濃度を増加することで下げることができ、また耐圧は n 層の膜厚を増加することで高くできる。実際、我々は p^+ 層のボロン濃度を $\sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ から $\sim 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ に増加することによりオン抵抗を $0.4 \text{ m}\Omega\text{cm}^2$ から $0.03 \text{ m}\Omega\text{cm}^2$ に下げること成功した [2]。また、 n 層の膜厚 W_n を 160 nm から 330 nm に増加することにより耐圧が 55 V から 100 V 以上に増加することを実証した[3]。低損失のスイッチングデバイスという観点からすると、「低いオン抵抗」「高い耐圧」に加えて「低いオン電圧」や「速いスイッチング動作」も重要なパラメータとなる。そこで本研究では、低損失という観点から、ダイヤモンド SPND のオン電圧とスイッチング特性について研究を行った。

ポアソン方程式に基づいた解析によると、 p^+ - n 接合のフラットバンド電圧 (これは SPND のビルトイン電圧に対応している) は W_n^2 に比例して増加する。すなわち、より高い耐圧を得るために n 層の膜厚を増加するとオン電圧も増加してしまう。しかしながら、 C - V 測定や J - V 測定で見積もられたオン電圧は、 W_n が厚い領域でフラットバンド電圧よりも低い電圧で生じていることがわかった (図 1 参照)。これは、フラットバンドになる前に、室温でのキャリアの熱励起により p^+ 層から n 層への電流注入が生じていることを意味している。さらに、ダブルパルス法で SPND のスイッチング特性 (ターンオフ特性) を測定したところ、SPND は p^+ - n 接合を持っているにもかかわらず、バイポーラデバイスのターンオフ時に特徴的な逆方向電流が非常に小さいことがわかった。また、スイッチングスピードが 10 ns 以下と短いことがわかった。これらの「低いオン電圧」や「速いスイッチングスピード」は、低損失のスイッチングデバイスとして非常に有用である。

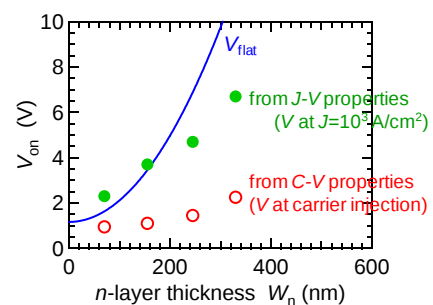


図1 C-V特性およびJ-V特性から見積もられたオン電圧の n 層膜厚依存性。実線はポアソン方程式から計算されたフラットバンド電圧の n 層膜厚依存性を示す。

謝辞：スイッチング特性評価にご助力いただいた井出利英博士 (産総研) に感謝します。本研究の一部は、(独) 産業技術総合研究所 IBEC の支援を受けて実施された。

参考文献： [1] T. Makino, *et al.*, Appl. Phys. Lett. 94, 262101 (2009), [2] T. Makino, *et al.*, Phys. Status Solidi A 207, 2105 (2010), [3] T. Makino, *et al.*, ICDCM 2013, Abstract No. P-1-028.