

ダイヤモンドの負性電子親和力を応用した真空パワースイッチ (4)

Vacuum Power Switch with Negative Electron Affinity of Diamond (4)

産総研エネ¹, 筑波大学², 物材機構³, ALCA (JST)⁴, CREST (JST)⁵○竹内 大輔^{1,4,5}, 桑原 大輔^{1,2,5}, 牧野 俊晴^{1,4,5}, 加藤 宙光^{1,4,5}, 小倉 政彦^{1,4,5},小泉 聡^{1,3,4,5}, 大串 秀世^{1,4,5}, 大橋 弘通^{1,4,5}, 山崎 聡^{1,2,4,5}AIST, ETRI¹, Univ. of Tsukuba², NIMS³, ALCA(JST)⁴, CREST (JST)⁵°Daisuke Takeuchi^{1,4,5}, Daisuke Kuwabara^{1,2,5}, Toshiharu Makino^{1,4,5}, Hiromitsu Kato^{1,4,5},Masahiko Ogura^{1,4,5}, Satoshi Koizumi^{1,3,4,5},Hideyo Okushi^{1,4,5}, Hiromichi Ohashi^{1,4,5}, Satoshi Yamasaki^{1,2,4,5}

E-mail: d.takeuchi@aist.go.jp

[背景と目的] 地球温暖化に加え、原発に依存しない高度情報化社会の持続のため、発電電のインフラ分野においても二酸化炭素排出を抑制する革新的技術開発(洋上風力発電や高圧直流送電など)が一層求められ、真空を含めた安全な超高耐圧パワースイッチが必要と考えられている。[1] 我々は従来の真空管では困難であった、低損失、高速、低オン電圧、大電流への拡張性(並列化)、耐久性などを同時に満たすことが可能と期待できる、ダイヤモンド固有の負性電子親和力(NEA)を応用した、新しい真空スイッチを開発し、10kVで効率73%のパワースイッチとしての実証に成功した。[2] また、スイッチとしての静特性上の効率について計算し、100kVで99.9%に至る可能性を得た。今回、PINダイオードの高品質化による電子放出電流向上を目指した結果について報告する。

[実験] ボロン濃度[B]= $3E17\text{cm}^{-3}$ のP形高温高圧IIB{111}ダイヤモンド($2\times 2\times 0.3\text{mm}^3$)上に、マイクロ波プラズマCVD法でI層を $40\mu\text{m}$ 、リン濃度[P]= $1E20\text{cm}^{-3}$ のN⁺層を300nm成長し、上部N⁺層をドライエッチングしてメサ構造を形成した。そして、上部N⁺層表面($\phi=150\mu\text{m}$)・裏面P基板(全体)にTi/Pt/Au電極を蒸着し水素化して、PINダイオード形電子源を作製した。コレクタとなる陽極は素子上部 $100\mu\text{m}$ の位置に配置し、100V印加して、電子放出電流を真空中で測定した。

[結果と考察] 図1に今回作成したPINダイオードのダイオード電圧に対するダイオード電流(I_G)特性と、電子放出(I_A)特性を示す。また、電子放出効率($\eta=I_A/I_G$)も併せて示す。P電極をグラウンドとし、N⁺電極に負電圧を印加する方が順方向バイアスである。逆方向でリーク電流が見られるものの、 I_A は検出限界であるのに対

し、順方向では、5V付近からの I_G の立ち上がりとともに I_A が増大している。 $I_G=35\text{mA}$ で電流制御とした場合、 $I_A=0.9\text{mA}$ で安定に動作し、効率 $\eta=2.5\%$ が得られた。室温動作で、N⁺層を上部に持つPINダイオードから、1%を超える効率で、1mAレベルの電子放出電流が安定に得られた。7kVのスイッチングを確認し、4.8Wの動作に成功した。当日は、発光スペクトルなどと合わせて、良好な特性を示した素子の品質について考察する。

[謝辞] 本研究の一部は、平成20年度NEDO産業技術助成事業、科研費21360174、および(独)産業技術総合研究所IBECの助成、補助、および支援を受けて実施された。

[参考文献]

[1] 電気学会技術報告1215号(B部門)p.46(2011). [2] D. Takeuchi *et al.*, Phys. Status Solidi A, **210**, 1961-1975 (2013).

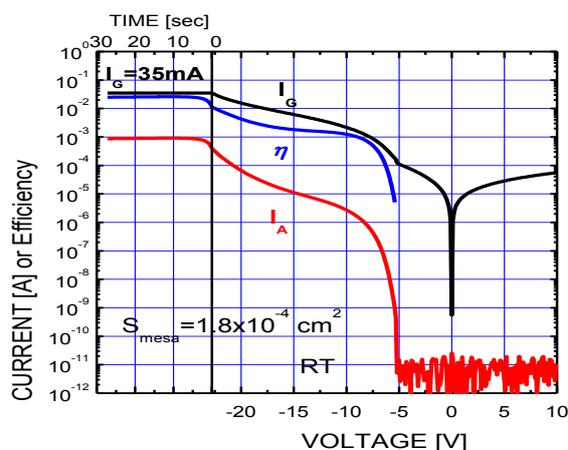


図1 PINダイオードのダイオード電圧に対するダイオード電流(I_G)特性、電子放出(I_A)特性、電子放出効率($\eta=I_A/I_G$)。