

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 (3)

Vacuum Power Switch with Negative Electron Affinity of Diamond (3)

産総研エネ¹, 物材機構², ALCA (JST)³, CREST (JST)⁴○竹内 大輔^{1,3,4}, 小泉 聡^{1,2,3,4}, 牧野 俊晴^{2,3,4}, 加藤 宙光^{1,3,4}, 小倉 政彦^{1,3,4},大串 秀世^{1,3,4}, 大橋 弘通^{1,3,4}, 山崎 聡^{1,3,4}AIST, ETRI¹, NIMS⁴, ALCA (JST)³, CREST (JST)⁴○Daisuke Takeuchi^{1,3,4}, Satoshi Koizumi^{1,2,3,4}, Toshiharu Makino^{1,3,4}, Hiromitsu Kato^{1,3,4},Masahiko Ogura^{1,3,4}, Hiromichi Ohashi^{1,3,4}, Hideyo Okushi^{1,3,4}, Satoshi Yamasaki^{1,3,4}

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] 本講演では、真空パワースイッチのスイッチとしてのより一般的な効率の定義について改めて考察し、超高耐圧パワースイッチとしての可能性について検討した結果とともに、低オン電圧、並列化の可能性について報告する。[3]

【実験】 P 形高温高圧 IIb{111} ダイヤ基板(2×2×0.5mm³)上に、マイクロ波プラズマ CVD 法で I 層、N⁺層を成長し、メサ形成後に上面・裏面に Ti/Pt 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 100μm の位置に配置し、負荷(R=200MΩ)を外部に直列に接続し、E=9.8kV

を印加して真空中で測定した。

【結果と考察】 図 1 (左) にスイッチの等価回路モデルと効率の定義を、(右) に実験結果(黄色丸印)と、計算結果(色分、星印)を示す。電子源動作電圧 $V_G=23.6\text{V}$ 、電流 $I_G=7\text{mA}$ 、電子放出電流 $I_A=48\mu\text{A}$ 、電子放出効率 $\eta=0.7\%$ ($\log(\eta)=-2.2$)、オン電圧 $V_{on}=160\text{V}$ (負荷電圧降下 $V_L=9640\text{V}$)、電圧利得 $g_v=415$ ($\log(g_v)=2.6$)、0.5s オン 0.5s オフ、で効率 73% が室温で得られた。(①=231、②=83、③=3.8[mW])。計算より、単純に $E=100\text{kV}$ で効率 90% を超え、現在到達可能と考えられる個々の変数から、100kV で 99.9% が得られると見積もられた。当日は、素子並列動作や低オン電圧動作 ($V_{on}<15\text{V}$) の結果についても報告する。

【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.*, IEDM2013, Technical Digest 7.6 (2013). [3] D. Takeuchi *et al.*, JJAP 51, 090113 (2012).

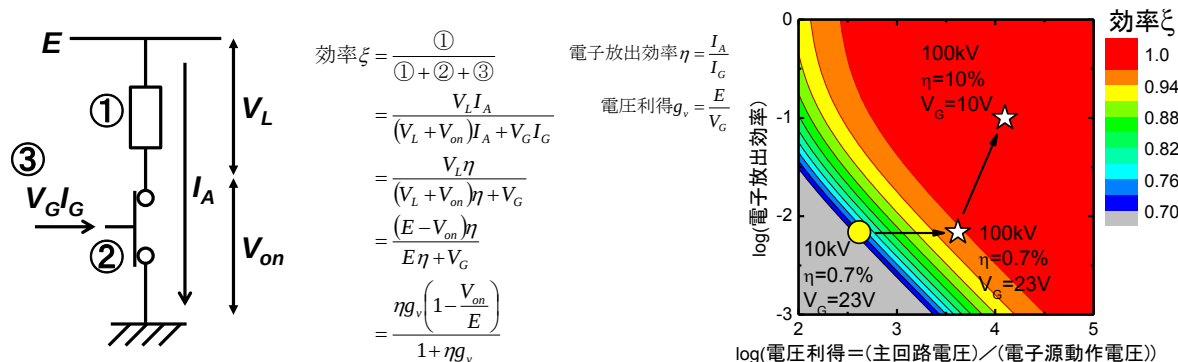


図 1 (左) 等価回路モデルと効率の定義、(右) 実験結果(黄色丸印)と、計算結果(色分、星印)