

高効率無線電力伝送を目指したダイヤモンド・レクテナデバイスの提案

Proposal of Diamond Rectenna devices for high efficiency wireless power transmission

○大石 敏之, 河野 直士, 嘉数 誠 (佐賀大院工)

○Toshiyuki Oishi, Naoto Kawano, Makoto Kasu (Saga Univ.)

E-mail: oishi104@cc.saga-u.ac.jp

1.はじめに

近年, 無線でエネルギーを伝送する無線電力伝送が注目されている. 大きなエネルギーを遠くまで送るために, 高出力で高効率な受電素子(レクテナデバイス)の実現が必要で, これまでに, Si, GaAs, GaN を使ったレクテナが報告されている. 今回, より効率を向上させるためにダイヤモンドショットキーバリアダイオード(SBD)をレクテナに適用することを提案する.

2. RF-DC 変換効率計算手順

物性値を使って, RF-DC 変換効率を計算し, Si, GaAs, GaN, ダイヤモンドを比較した. ダイヤモンド(バンドギャップ 5.47 eV)では, 絶縁破壊電界 10 MV/cm, ホール移動度 3800 cm²/(V·s), 誘電率 5.7 を用いた. SBD は, 不純物濃度が均一で, 上下にショットキー電極とオーミック電極を持つ構造とした. 物性値から等価回路の容量と抵抗を計算した後, SBD のオンとオフ時の損失を計算し, RF-DC 変換効率を算出した. なお, 周波数は 5 GHz, 電圧は耐圧まで印加する場合を考えた.

3. 計算結果と考察

図1にダイヤモンドと他の半導体の RF-DC 変換効率の電圧依存性を示す. 電圧増加に伴い効率は増加するが, ある電圧から減少した. 従来の半導体(Si, GaAs)は 10 V 程度で効率が減少, GaN でも 50 V で減少し始めた. しかし, ダイヤモンドは, 動作電圧 20 V 以上で 90 %以上の

効率を維持した. 動作電圧 400 V の効率を比較すると, Si 0.04 %, GaAs 0.6 %, GaN 24 %, ダイヤモンド 94 %である. よって, 高電圧で高効率を得るにはダイヤモンドが非常に有利であることがわかる.

図2にオン時の損失(電力全体に占める割合)を示す. 400 V において, Si と GaAs がほぼ 100 %, GaN で 76 %と損失が高い. しかし, ダイヤモンドの損失は 5.6 %と, 他の半導体と比べて, 非常に低い. ダイヤモンドの絶縁破壊電界が高いので, 不純物濃度を高く, 膜厚を薄くできるため, 他の半導体と比べて, 抵抗が低くなる. これによりオン時の損失が低くなったと考えられる. これは, パワーデバイスにおける材料の利点が高周波でも利点となることを示す. また, ダイヤモンド SBD を作製し, RF-DC 変換動作を確認した¹⁾.

4.まとめ

ダイヤモンドが無線電力伝送用のレクテナとして, 優れた特性を示すことを物性定数に基づく等価回路計算によって示した.

謝辞

本研究の一部は科研費(15H03977, 15K05990)により行われました.

参考文献

[1] 河野他, 応物講演会, 2016 春.

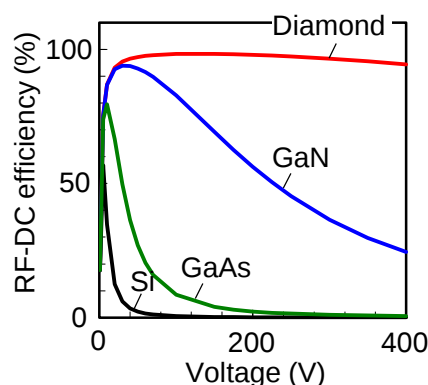


図1 RF-DC 変換効率の材料比較

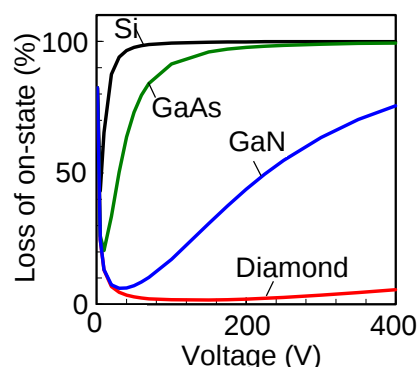


図2 オン時の損失