

ダイヤモンドパワーデバイスの高温動作

省エネルギーのための次世代半導体材料



梅澤 仁

うめざわ ひとし (左)
hitoshi.umezawa@aist.go.jp

ユビキタスエネルギー研究部門
主任研究員
(関西センター)

鹿田 真一

しかた しんいち (右)
s-shikata@aist.go.jp

ユビキタスエネルギー研究部門
総括研究主幹
(関西センター)

CO₂削減が待たなしになりつつある現在、私たちは世界に先駆けていち早くダイヤモンドパワー半導体デバイス研究に取り組んできました。自己発熱温度(200~250℃)で冷却せずに、高電圧・高出力・低損失動作のダイオードを実証するなどの成果を挙げてきています。急ぎ研究開発を推進し、実用レベルの次世代省エネパワーデバイスを実現することで、CO₂削減への貢献を目指しています。

関連情報:

● 共同研究者

舟木 剛、平野 真希子 (大阪大学)

● 参考文献

[1] H. Umezawa *et al.*: *Physics Express*, 6(1), 011302-1-4 (2013).

[2] T. Funaki *et al.*: *IEICE Electronics Express*, 9(24), 1835-1841 (2012).

● 主な研究成果

2012年12月25日「高速・低損失なダイヤモンドパワーデバイスの高温動作を実証」

●この研究開発は、NEDO省エネルギー革新技术開発事業(H21-23)の支援を受けて行っています。

●この研究はダイヤモンド研究ラボにおける成果です。(2013年4月1日より組織および事業所異動)

ダイヤモンドパワーデバイスへの期待

パワーデバイスは、電気機器に不可欠な電力制御を行う半導体デバイスであり、インバーターの普及に欠かせない省エネルギー技術の基幹構成要素となっています。現在パワーデバイスに使われているシリコン半導体は、耐電圧、電力損失、電流密度、動作温度などに限界があり、SiCなど次世代材料が期待されています。ダイヤモンドは、その優れた材料物性から、究極のパワー半導体材料として、高耐電圧、高温動作、低損失動作などに優れ、冷却系が不要な、高耐電圧、大電流密度の新コンセプトパワーデバイスが実現できると考えられています。

ダイヤモンドダイオード整流素子の高温動作

私たちは今回、縦型のショットキー型ダイヤモンドダイオード整流素子を開発し、耐熱封止材を用いて250℃耐熱パッケージに実装しました(図1)。この素子は、多数キャリアデバイスのショットキー型のため、少数キャリアによる蓄積電荷がなく逆回復電流が小さく高速動作・低損失であり、またダイヤモンドの特性から、高温動作、冷却不要、大電流密度動作などが可能です。これまでのダイヤモンドダイオード整流素子は電極サイズが小さいため、大電流容量を得るには複数の素子をワイヤーで並列に接続しなければなりませんでした。今回開発したダイヤモンドダイオード整流素子は単一で1アンペア級の大電流容量をもちます。駆動用トランジスタに既存のシリコン半導体の金属酸化膜電界効果トランジスタ(MOSFET)を用いて、

ダイオード整流素子のスイッチング特性を測定しました。なお、MOSFETは高温動作できないため、整流素子のみ高温に加熱しました。

デバイスの温度変化の影響を受けない方法であるダブルパルス法により評価したところ、図2に示すように、室温から250℃まで同様の電流・電圧のスイッチング特性を示し、15ナノ秒の高速スイッチングを確認できました。また、スイッチング損失は60ナノジュールと低く抑えられていました。なお、リングング(振動成分)のオーバーシュートや収束が悪いのは、ダイオード整流素子だけを高温にして長距離配線下で計測しているためです。

今後の予定

大面積の基板製造技術、低欠陥高品質膜成長技術、デバイス設計技術などの開発に取り組み、実用パワーデバイスに必要な大電流が流せるように、10アンペア級、最終的には100アンペア級の出力が可能なデバイス実現を目指します。

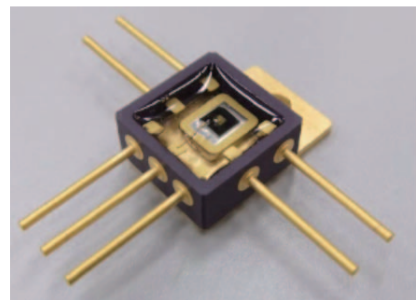


図1 耐熱実装された試作ダイオード(13.7mm角)

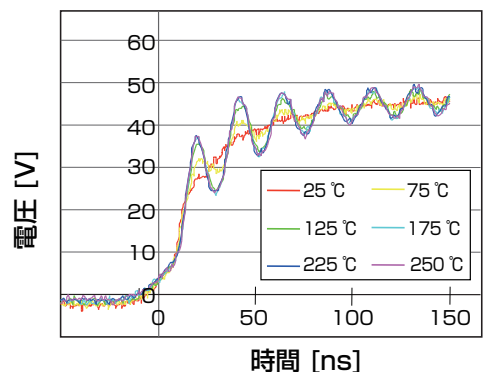
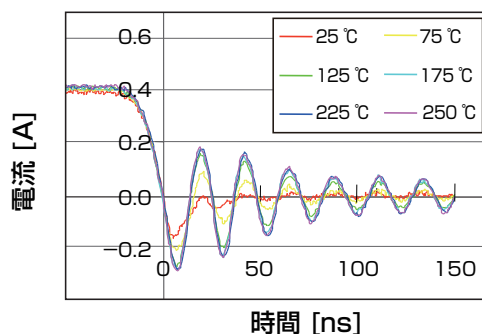


図2 室温から250℃におけるショットキー型ダイオード整流素子のスイッチング特性^[2]