

マイクロ波電力伝送用 ワイドバンドギャップ整流デバイスの技術課題

Technical Challenges in Wide-Bandgap Rectifying Devices for Microwave Power Transfer

大野 泰夫

Yasuo OHNO

(株)レーザーシステム

Laser Systems Inc.

概要

マイクロ波電力伝送の送信側デバイスの要求仕様は通信・放送用の電力増幅器と共通点が多く、関連技術は成熟している。一方、受信側は微弱電波の検出が主目的であったため、電力受電用デバイスの開発は十分でない。高性能かつ低価格な整流デバイスの不在が、マイクロ波電力伝送普及の障害となっていると思われる。

低周波の整流では損失は主にオン状態の導通損失で決まる。オン抵抗はデバイス面積の増大で低減できるため、単位面積当たりの処理電力という製造コスト面での競争となる。一方、高周波整流ではオフ状態で変位電流による損失が生じ、低オン抵抗と低空乏層容量の両立が必要である。このためデバイスとしては拡散容量を持たないショットキーバリアダイオードが用いられるが、半導体材料としては GaN などの μE_c^2 の大きいワイドバンドギャップ半導体が適していることを説明する。

一方、最近では FET のゲート電極とドレイン電極を短絡してアノードとする **gated-anode diode (GAD)** の開発例が報告されている。オン電流の立上がり電圧 V_F をしきい値電圧で制御できることが利点であるとされている。しかし、シリコン MOSFET、GaAs および GaN FET の開発では、常に意図しないしきい値変動が問題となっていた。主な原因は短チャネル効果などの二次元形状効果である。さらに化合物半導体では半絶縁性基板やバッファ層中のトラップがしきい値変動に影響し、状況は複雑になる*。これらは現在でも無視できない現象のため、GAD 開発で留意すべき点として解説する。

*参考：MWE2012 基礎講座 2「マイクロ波トランジスタの基礎」

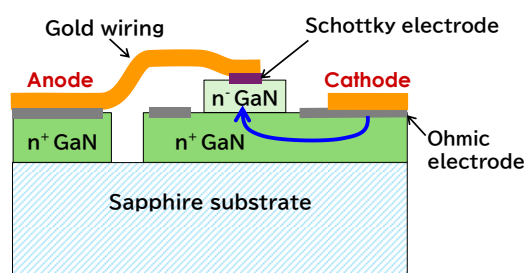


Fig. 1 GaN Schottky barrier diode

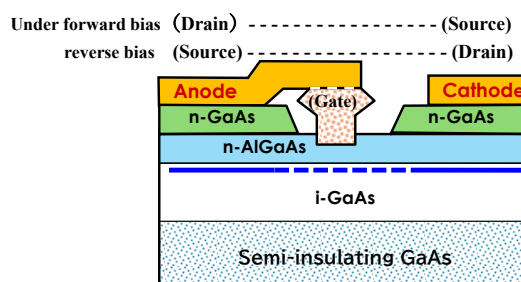


Fig. 2 Gated-anode diode (GAD)

Abstract

Microwave power transfer benefits from mature transmitting technologies developed for communications and broadcasting, whereas suitable high-power receiving devices remain limited. At high frequencies, rectifier loss arises not only from on-state conduction but also from displacement current through the depletion capacitance. Schottky barrier diodes based on wide-bandgap semiconductors, particularly GaN, are therefore promising. This presentation also examines gated-anode diodes (GAD) and discusses threshold-voltage instability caused by two-dimensional geometry effects and traps in semi-insulating substrates or buffer layers.