

## 多層MIMダイオードの開発と無線電力伝送への応用

## Development of MIM diode and application to wireless power transmission

筑波大学 構造エネルギー工学専攻<sup>1</sup> 林優輔<sup>1</sup> 嶋村耕平<sup>1</sup> 横田茂<sup>1</sup> 山崎将嗣<sup>3</sup> 藤原康平<sup>4</sup>University of Tsukuba<sup>1</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology<sup>3</sup>Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute<sup>4</sup>E-mail : [s1920929@s.tsukuba.ac.jp](mailto:s1920929@s.tsukuba.ac.jp)

## 研究背景

近年,超低電力で動作するデバイスの開発,研究が進められている.そこで注目されているのが,身近にあるわずかなエネルギーを収穫して,電力に変換するエネルギーハーベスティングである.身近にあるエネルギーとして,空間中にある電波に注目し,レクテナで電力を取り出すこととした.また,次世代通信として現在の周波数より高い5G,6G通信が期待されている.しかし,より高周波数帯のRF(高周波)電力をDC電力へ変換すると変換効率が低くなるという問題点がある.この理由としては,レクテナの整流回路で従来使用されているGaAsダイオード等が,周波数が高くなると高速のスイッチングに対して時間遅れなく追従できなくなり出力が低下するからである.そこで,サブテラヘルツ帯のワイヤレス給電を実現するために,MIM(Metal-Insulator-Metal)ダイオードの適用が考えられている.MIMダイオードは金属電極の間に極薄(<10nm)の絶縁層を挟んでトンネル効果により整流を行うトンネルダイオードである.トンネル効果を使用しているため,電子の移動度は数フェムト秒と半導体と比較して非常に高速な動作が可能である.また,MIMダイオードはON電圧を調節できるためゼロバイアス動作ができ,エネルギーハーベスティング用途に非常に適している.そこで,MIMダイオードの開発を行い,サブテラヘルツ帯の無線電力伝送へ応用することを目的とする

## MIMダイオードの作製

MIMダイオードは,

- ① 仕事関数の差が大きい金属電極を使用する
- ② 絶縁層を多層にすることでトンネル電流が増加する
- ③ 絶縁体の誘電率が小さいほど周波数応答性が向上する
- ④ 片方の電極の形状を変化させ電界集中を起こすと特性が変化する

と先行研究により報告されている.そこでMIMダイオードの構造をFig.1のようにCr/Au/ZnO-SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Auとした.また,電極をFig.3のように△形状と□形状にした.

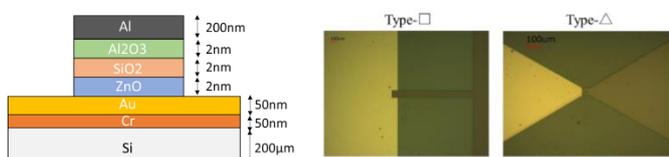


Fig.1 Structure of MIM diode

## 測定結果

作製したMIMダイオードのI-V特性をFig.2に示す. Fig.2より,□形状と△形状のどちらも2V以上の電圧で整流できることが確認できる.また,△形状では□形状よりオン電圧が低く,整流できる電流が増加していることがわかる.これは,△形状では電界集中が起き,よりトンネル電流が流れやすくなっているためだと考えられる.

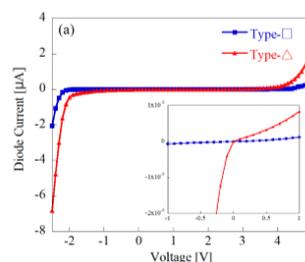


Fig.2 I-V characteristics of MIM diode in each pattern

MIMダイオードはレクテナと統合する必要がある.その際,MIMダイオードとアンテナのインピーダンスをマッチングさせる必要がある.そこで,C PW線路にMIMダイオードを統合してインピーダンスを測定した.またこれと比較するために線路のみのインピーダンスも測定した.インピーダンスの実部と虚部の測定結果をFig.3に示す. Fig.3より実部と虚部のインピーダンスにおいて,MIMダイオードを統合した線路と線路のみのインピーダンスはどの周波数においてもほぼ同じ大きさとなっていることがわかる.これは,MIMダイオードはレクテナに対しインピーダンスの影響を与えないことを示している.そのため,MIMダイオードのインピーダンスを考慮せずにレクテナに簡単に統合できることがわかった.

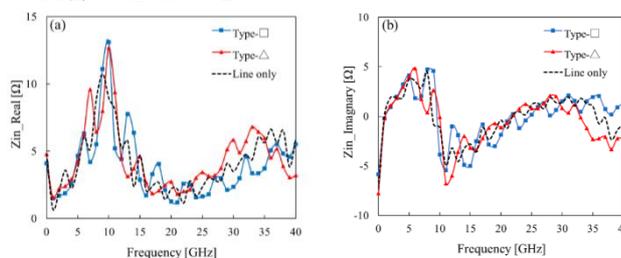


Fig.5 Relationship between impedance and frequency

## まとめ

サブテラヘルツ帯に対応したMIMダイオードの開発を行い,立ち上がりの速いダイオードを作製することができた.またMIMダイオードがレクテナに対し,インピーダンスの影響を与えないことがわかった.