

パワー半導体デバイスを用いた マイクロ波加熱・エネルギー応用技術

堀 越 智 (ほりこし さとし) 上智大学 理工学部物質生命理工学科 准教授
上智大学 マイクロ波サイエンス研究センター センター長

要約 最近、マイクロ波加熱やエネルギー利用のマイクロ波源として、パワー半導体デバイスを利用したマイクロ波半導体発振器がマグネトロン発振器からの代替装置として世界中で注目されている。それに伴い、その応用に対する基礎研究も盛んに行われている。すでに、自動車、プラズマ、医療、環境保全、エネルギー、化学・材料、バイオの分野では、様々な新しいアイデアが報告されており今後ますます注目が集まる分野といえる。本稿では、半導体発振器の特徴や最近の性能状況、半導体発振器の利点を生かした応用例、今後の市場動向について解説する。

1. はじめに

筆者らがマイクロ波半導体発振器を使い始めた2005年当時は、国内外の講演でマイクロ波半導体発振器を加熱へ利用した話をすると、「高価・低出力・低電力転換効率だからマグネトロンの代替にはならないよ」と何度か言われたことがあった。しかし、ここ数年の間でこれらの問題点が改善され、このような話をする人はほとんどいなくなった。現在では、例えば値段の問題について、1.3kW出力のマイクロ波半導体発振装置（電源や水冷機などもすべて込み）が、40万円で販売されており、今後さらに値下がりが続くといわれている。この価格は、一部の産業用マグネトロン発振装置より安く、すでに価格面での難点は無くなりつつある。一方、最大出力の問題も、6kWの半導体発振器がすでにカタログ販売されており、合成波を利用することでさらなる高出力発振が可能である。また、マイクロ波への変換効率もGaNを用いることで70%を超える試作品も発表されている。驚くことではあるが、「10年ひと昔前」という言葉ではなく、まさに「1年ひと昔前」という言葉が合致するがごとく技術革新が進んだ。また、ハード面の進歩に伴い利用事例も少しずつ増えてきており、研究と市場の両面から注目されている分野である。筆者らは、公平な立場でマグネトロン発振器と半導体発振器の特徴を体系化してきたが、さらに半導体発振器でなければできない化学反応¹⁾や生体関連物質反応²⁾なども多数見つかってきた。また、社会実装に近い応用分野の研究も並行して行っており、これらについても半導体発振器の特徴を生かす工夫をしてきた。本稿では、特に

後者（社会実装）の中で、電子レンジ、水素エネルギー、植物育成に関する研究について、「なぜ半導体発振器が適しているのか？」を中心に紹介をする。

2. 電子レンジへの応用

2.1 電子レンジ

我が国における国産第一号の電子レンジは、1962年に業務用として発売され、火を使わずに加熱できる新しい高速調理器具としてPRされた。販売当初は、レストランや新幹線の食堂車に装備され、話題となり、家庭用電子レンジの販売（1965年）につながった。しかし、高価格と和食文化の壁に阻まれ、普及したのは核家族化と個食化が進化した70年代後半と言われている。普及後には、販売台数が一時低下したが、1977年に電子レンジにオープン機能を付加したオープンレンジが発売され、販売台数が再度増加した。1978年には熱風循環式オープンレンジが発売され、熱風との併用によってマイクロ波法の欠点である食品の表面加熱を補助できるようになった。近年でも、電子レンジの進化が続いており、家庭における調理器具としての存在感は薄れていない。しかし、調理器具の進化を続けている電子レンジであるが、マイクロ波加熱の性能向上はほとんど進んでいない。筆者は全く新しいマイクロ波調理器具を試作することで、電子レンジの技術革新に貢献できると考え、企業の協力の下で研究を続けてきた。

電子レンジで長年使われてきたマグネトロン発振器は、安価で高出力発振が可能であるが、マイクロ波を高精度に制御することはできない。これを行うには通