

GaN 増幅器モジュールを加熱源とする産業用マイクロ波加熱装置

弥 政 和 宏 (いよまさ かずひろ) 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 光・マイクロ波回路技術部 専任
塩 出 剛 士 (しおで たけし) 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 アンテナ技術部
山 中 宏 治 (やまなか こうじ) 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 光・マイクロ波回路技術部 グループリーダー
福 本 宏 (ふくもと ひろし) 三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 光・マイクロ波回路技術部 部長
石 崎 俊 雄 (いしざき としお) 龍谷大学 教授
塚 原 保 徳 (つかはら やすのり) マイクロ波化学株式会社 取締役 CSO 博士 (理学)
和 田 雄 二 (わだ ゆうじ) 東京工業大学 教授

要約 三菱電機株式会社、東京工業大学、龍谷大学、マイクロ波化学株式会社の4事業者は、NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）からの受託事業を受け、産業用マイクロ波加熱装置として、2.45 GHz にて出力電力 500 W の GaN (Gallium Nitride; 窒化ガリウム) 増幅器モジュール、および本モジュールを加熱源として接続可能な小型半導体加熱実証炉を開発した。本報告では、開発した GaN 増幅器モジュール、小型半導体加熱実証炉について紹介する。あわせて、その技術的な概要や、半導体方式の特徴、適用した場合のメリット等について述べる。

1. はじめに

NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）からの委託事業「クリーンデバイス社会実装推進事業／省エネルギー社会を実現する高効率高出力マイクロ波 GaN 増幅器」を受け、三菱電機株式会社、東京工業大学、龍谷大学、マイクロ波化学株式会社の4事業者は、産業用マイクロ波加熱装置として、2.45 GHz にて出力電力 500 W の GaN (Gallium Nitride; 窒化ガリウム) 増幅器モジュールを開発した。また、本モジュールを加熱源として接続可能な小型半導体加熱実証炉を開発した。本報告では、開発した GaN 増幅器モジュール、小型半導体加熱実証炉について紹介する。

2. 半導体モジュールによるマイクロ波加熱

マイクロ波を用いた産業用加熱では、たとえば食品乾燥や印刷物のインク乾燥等、乾燥の手段としてすでに実用化され市場に導入されている¹⁾。また、化学反

応の一部には、加熱源としてマイクロ波を用いることで収率が劇的に改善されることが知られており、そういった化学反応のマイクロ波効果を利用した製品出荷も始まっている²⁾。さらにマイクロ波を材料の炭化プロセスに利用して、CFRP の生産効率を改善する取り組み³⁾ の報告もあり、現在進行形で活発な研究開発が続いている。

従来、マイクロ波を用いた加熱源には、マグネトロンに代表される電子管が主に用いられてきた。マグネトロンから出力されるマイクロ波は、単体からの出力は高いものの、周波数安定度や位相コヒーレンスが低いため、空間内における電力合成が困難であるという課題がある。一方、半導体デバイスを用いて構成される半導体方式の信号源から出力されるマイクロ波信号は、マグネトロンと比較して、周波数安定度、位相コヒーレンス共に良好であり、空間内において位相制御による電力合成が容易となる。例えば、APAA (Active Phased Array Antenna) に代表される空間電力合成の技術はすでに確立されており、電力伝送の適用事例⁴⁾ やレーダシステムにおける実用化もすでになされている。この位相制御技術を応用し、加熱炉内におけるマイクロ波の電界強度分布を制御し、加熱炉内にお