

マイクロ波加熱による薄膜焼成の紹介

吉田 睦（よしだ むつみ）富士電波工機株式会社 第一機器部

要約 戦前から高周波（誘導・誘電・マイクロ波）を中心に電磁波を利用した各種装置は広く利用されてきた。これらの高周波技術は、電気部品をはじめ食品、自動車、建材、医薬品、セラミックス製造など多くの分野で利用されている。最近では薄膜の加熱・乾燥・焼成を目的に、マイクロ波を利用とした応用装置が開発されている。これらの装置は最新の大電力半導体式マイクロ波電源とアプリケーション技術（シングルモード・マルチモードキャビティー）が融合し、主に金属を含む、有機・無機粉末の焼結・反応・合成・不純物除去をはじめ、特定のラジカル制御を狙ったプラズマプロセスやナノ粒子製造、新素材開発等で使用され始めている。今回はマイクロ波加熱の基礎知識と、被加熱物の自己発熱・加熱効率の特長を活かした例として、マイクロ波による薄膜焼成を紹介する。

1. はじめに

戦前から高周波（誘導・誘電・マイクロ波）を中心に電磁波を利用した各種装置は広く利用されてきた。

これらの高周波技術は、電気部品をはじめ食品、自動車、建材、医薬品、セラミックス製造など多くの分野で利用されている。電磁波そのものはCO₂を排出せず、作業環境を悪化させないクリーンなエネルギーであるが、近年生産工程での電気使用量の見直し機運の高まりから、高周波加熱の特長である“対象自体が加熱する高い加熱効率”が再度注目され、その動きは多くの業界・工程で起こっている。

マイクロ波技術に目を向けると、日本で本格的にマイクロ波が使われてから約50年間マグネトロンがマイクロ波発生源の主流であった。しかし近年半導体式マイクロ波電源が作られるようになり、マグネトロン式では不可能であった、様々な制御が可能となり、研究・開発部門向けに盛んに用いられるようになった。

今回はマイクロ波加熱の基礎知識と、被加熱物の自己発熱・加熱効率の特長を活かした例として、最新の動向であるマイクロ波による薄膜焼成を紹介する。

2. マイクロ波の薄膜焼成

最近薄膜の加熱・乾燥・焼成を目的に、マイクロ波を利用とした応用装置が開発されている。最新の大電力半導体式マイクロ波電源とアプリケーション技術（シングルモード・マルチモードキャビティー）が融合し、

主に金属を含む、有機・無機粉末の焼結・反応・合成・不純物除去をはじめ、特定のラジカル制御を狙ったプラズマプロセスやナノ粒子製造、新素材開発等で使用され始めている。

3. 誘電加熱の原理

誘電体が加熱の対象の場合、高周波誘電加熱とマイクロ波加熱が主に用いられる。これらの加熱方法では、+極と-極が1秒間に下記の数だけ変化する。その変化する回数は、高周波誘電27.12MHzなら27,120,000回/秒、マイクロ波2.45GHzなら2,450,000,000回/秒も変化する。誘電体に電界を印加すると、数MHz～数GHzの高周波電界の極性は、1秒間に何百万回も極性が入れ替わる。この際、誘電体の構成する分子レベルのダイポールには振動が生じる。この振動する様子を図1に示す。

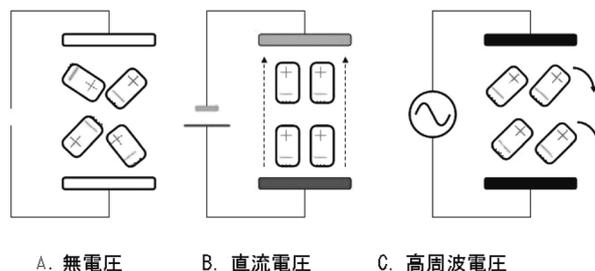


図1 誘電体中の分子ダイポール

この電界の極性変化に対して、ダイポールの振動が追いつかない。その差が誘電体損失である。その差が、