

# 窒化アルミニウム絶縁基板の高温領域までの誘電特性の評価

堀 貴文\* 末永 道哉\* 阿部 剛志\* 今給黎 明大\* 小迫 雅裕\* 匹田 政幸\* 塩田 裕基\*\* 西村 隆\*\*  
 (\*九州工業大学 \*\*三菱電機株式会社)

## 1 はじめに

近年、パワーモジュールの高出力密度化に伴い、更なる大容量化および小型化が求められている。稼働環境がより高温になると、パワーモジュールの高温電気特性評価が重要となる。今回、窒化アルミニウム(AIN)絶縁回路基板の室温から 450°C までの誘電特性を評価した結果について報告する。

## 2 実験方法

誘電特性評価には、サイズ 60×50 mm、厚さ 1 mm の窒化アルミニウム(AIN)絶縁回路基板(三菱マテリアル(株)製)を用いた。AIN 基板に応力緩衝材であるアルミニウムを介し、試料両面に 0.2 mm の銅電極を施した。インピーダンスアナライザ(IWATSU, PSM3750+IAI2)により、試料に実効値 10 V の交流電圧を印加し、真空雰囲気下(0.1 Pa)にて 50°C 刻みで室温から 450°C まで、100 mHz~10 MHz におけるインピーダンスと位相角を測定し、それらの結果より複素誘電率  $\epsilon_r^* = \epsilon_r' - j\epsilon_r''$  および交流導電率  $\sigma_{ac} = \omega\epsilon_0\epsilon_r''$  [S/cm] を算出した。なお、各条件で 3 回測定の平均値を用いた。

## 3 実験結果および考察

図 1 および 2 に、AIN 基板の各温度におけるインピーダンス  $Z$  およびの印加電圧と電流の位相差  $\theta$  の周波数依存性をそれぞれ示す。図 1 より、温度上昇に伴いインピーダンスが低下していることがわかる。また、図 2 より、低周波領域では室温~50°C までは容量成分が支配的であるが、温度上昇に伴い抵抗成分の影響が大きくなっている。図 3 および 4 に、AIN 基板の各温度における  $\epsilon_r'$  および  $\epsilon_r''$  の周波数依存性を示す。図 3 および 4 より、温度上昇に伴い、低周波領域にて  $\epsilon_r'$  および  $\epsilon_r''$  が大きく上昇する傾向が見られる。 $\epsilon_r'$  および  $\epsilon_r''$  の高温・低周波領域での増大は、AIN 内のイオン性キャリアに起因する直流性伝導の影響を受けていると考えられる。

次に、交流導電率  $\sigma_{ac}$  [S/cm] が(1)式で表される Jonsher のべき乗則(ユニバーサル則)に従うとして電気伝導を検討する。

$$\sigma_{ac} = \sigma_{dc} + A\omega^s \dots\dots\dots (1)$$

ここで  $A$  は温度依存定数、 $\omega$  は角周波数、 $\sigma_{dc}$  は直流導電率、および  $s$  は一般的な指数であり、直流伝導を無視できる高周波数領域における傾きである。図 5 に、AIN の種々の温度に対する  $\sigma_{ac}$  の周波数依存性を示す。同図より、低周波領域で示される  $\sigma_{ac}$  は、200°C までは  $10^{-8}$  S/cm より小さく、絶縁材料としての性能を示している。一方、200°C 以上の高温・低周波領域での  $\sigma_{ac}$  が横軸に水平な領域では、AIN 内のキャリアが交流摂動に追従して長距離輸送されている状態であることを意味している。また、100 kHz 以上の高周波領域では  $\sigma_{ac}$  は温度に依存せず  $\omega$  のべき乗に則ったカーブとなっている。 $s$  値はほぼ 1 となっているのでこの領域では、キャリアが安定サイト内にて振動していることを示している。またパワーモジュール実動作周波数(>1 kHz)では、200°C までは損失が小さく、高い絶縁性能を有すると考えられる。今後は、異なる基板を含めて誘電特性、電気伝導特性について検討する。さらに、それらの耐電圧および部分放電などの絶縁性能への影響を検討していく。本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の助成事業の結果得られたものです。

## 参考文献

- [1] Gorur G. Raju : Dielectrics in Electric Fields, CRC Press
- [2] 岩本 他:「熱刺激電流を用いた材料・デバイス開発の最前線」, CMC 出版

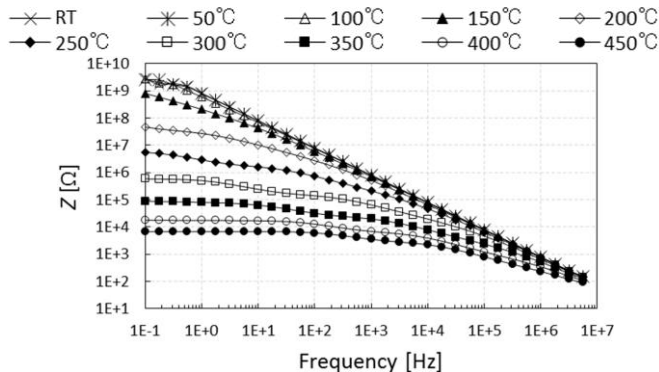


図 1 インピーダンスの周波数依存性

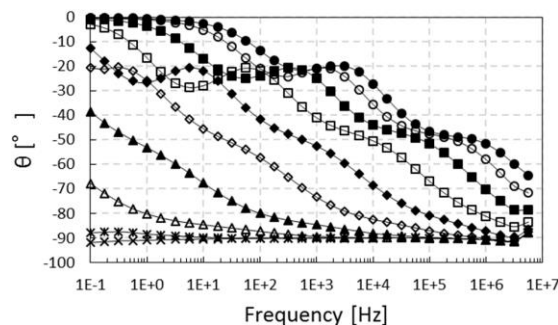


図 2 印加電圧と電流の位相差の周波数依存性

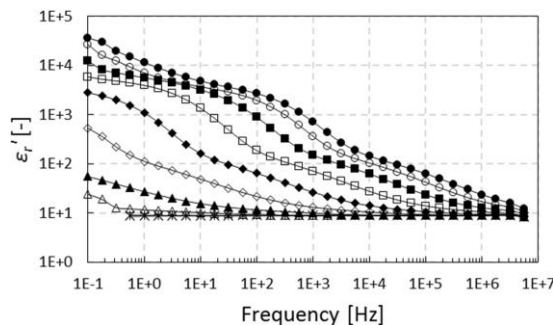


図 3 比誘電率の周波数依存性

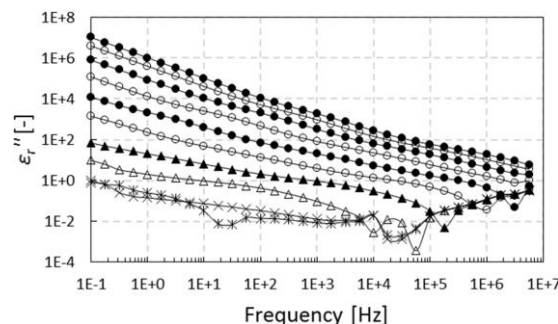


図 4 誘電損失の周波数依存性

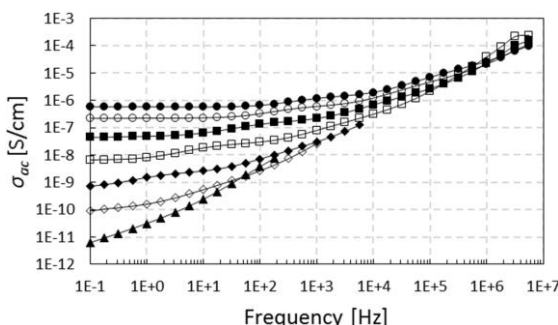


図 5 交流導電率の周波数依存性