

機関番号：32601

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560276

研究課題名 (和文) 耐電力性能を有する電波吸収体の研究開発

研究課題名 (英文)

Research and development of anti-high power EM-wave absorbers

研究代表者

橋本 修 (Hashimoto Osamu)

青山学院大学・理工学部・教授

研究者番号：60237930

研究成果の概要 (和文)：

近年、高電力下における電波吸収体の発熱、発火が問題となっている。この問題に対して、本研究では対電力性能を有する電波吸収体の研究開発を行った。具体的には、吸収体のスペーサ材料を変化させた場合や構造を変化させた場合の発熱を解析および実験の両面で確認した。その結果、発熱の様子や定量的な温度上昇など、有意性のあるデータが得られた。

研究成果の概要 (英文)：

Heat is generated about the microwave absorber under a high electric power in recent years, and the ignition becomes a problem. The microwave absorber that had the electric power performance was researched and developed for this problem in the present study. Concretely, when the material of the absorbent was changed, generation of heat when the structure was changed and was confirmed on both sides of the analysis and the experiment. As a result, data with the significance like an appearance of generation of heat and a quantitative temperature rise, etc. was obtained.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009 年度	900,000	270,000	1,170,000
2010 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気工学・電力変換・電気機器

キーワード：電気・電磁環境

1. 研究開始当初の背景

近年、高出力レーダー評価等で高電力下における電波吸収体の使用が増加している。この場合、このような高電力に曝された電波吸収体は、吸収した電力により吸収体自体の温度が大きく上昇することから、発熱による延焼や吸収特性の劣化が懸念される。そのため吸収体の温度分布を把握することは、その使用限界や特性変化への対策を行なうにあ

り極めて重要となっている[1]。実際には過去に、本検討を実験的に検討した際に、発熱した吸収体が発火したことによって、大規模な延焼事件が発生しており、社会的にも大きな問題として取り上げられている[2]。したがって高出力レーダーを実験的に検討する為には、延焼に耐えうるような吸収体が設置された電波暗室が必要となり、その開発が急務とされている。

2. 研究の目的

以上の背景をふまえ、我々は本問題に対して計算機を用いて解析的にその温度分布を求めることを試みた。具体的には、吸収体が電磁波照射を受けた場合のその吸収電力を計算する手法として、Finite Difference Time Domain(FDTD)法[3]と、その吸収電力より生ずる熱伝導、および周囲空気の対流を計算する Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations(SIMPLE)法[4]、さらに熱放射を計算する Monte Carlo READ 法[5]を組み合わせることによって、照射された電磁界による発熱を熱源とした、全ての伝熱を計算可能な、電磁界伝熱連成解析手法を提案し、その開発に成功した[6]。ここで、全ての伝熱とは、熱伝導、対流による熱伝達、および熱放射であり、計算上どれひとつ欠けても、厳密な温度分布は得られないことは物理上周知の事実である。

そして基礎検討として本連成手法を用いて、高電力照射時における簡易構造を有する $\lambda/4$ 型および一層型電波吸収体の温度分布を解析し、実験結果と比較して両結果が良好に一致したことより、本提案手法の有効性を確認したと同時に、解析および実験の両面からその温度分布を明らかにした[7]-[9]。

以上、文献[7]-[9]により本連成手法の有効性が確認できたため、今後は研究の最終目的である、耐電力性能を有する電波吸収体の開発を、まず解析的に行いたいと考えている。この耐電力性能を有する電波吸収体では、その内部形状をメッシュ状にし、メッシュからもれ出る空気の対流により発熱を低減させる構造を考えている。上記の簡易構造を有する電波吸収体では、20万円以下程度で構成される商用のPCを使用すれば、およそ1日程度でその温度分布計算が終了した。しかしながら、本吸収体の温度分布を計算する場合には、その構造の複雑さやメッシュ状にしたことにより等価的な材料定数の同定を行わねばならず、より高速かつ大容量メモリーを有する高性能計算機が必要不可欠となる。

本研究では、まず、想定される限りのメッシュ構造、およびその材料の選定を行った上で、高性能計算機を用いてその吸収特性および温度分布を提案手法により計算する。さらに、吸収体メーカーと共同で、高周波照射装置および温度測定装置を用いて実際に実験を行い、両結果を比較検討し、所望する吸収性能とともに耐電力性能が得られているかどうか解析および実験的に確認を行う。そして、論文および国際会議発表を通じて、国内外に研究成果を発表する。

[1] S.Udagawa, T.Haruyama, and N.Orime, "A LARGE-SCALE ANECHOIC CHAMBER WITH HIGH-POWER

MICROWAVE ABSORBERS,"IEICE Intl. Symp.," ISAP JAPAN, vol.4, pp.929-932, 1989.

[2]www.yomiuri.co.jp/main/news/20050708i303.htm

[3] K.S.Yee, "Numerical Solution of Initial Boundary Value Problems Involving Maxwell's Equations in Isotropic Media," IEEE Trans. Antennas Propagat., Vol.14, No.4, pp.302-307,1966.

[4]S.V.Patanker, Numerical Heat Transfer and Fluid Flow, Hemisphere Publishing Corp., 1980.

[5]H.Taniguchi, W.J.Yang, K.Kudo, H.Hayasaka, M.Oguma, A.Kusama, J.Nakamachi and N.Okigami, "Radiant Transfer in Gas Filled Enclosures by Radiant Energy Absorptions Distribution Method," 8th Heat Transf. Intl. Symp., 1986, pp.757-762.

[6]渡邊 慎也, 齊藤 耕太, 飯野 一哉, 橋本 修, "対流および熱放射を考慮した抵抗皮膜を用いた $\lambda/4$ 型電波吸収体の温度解析," 電子情報通信学会論文誌(C), vol.J88-C, no.12, pp.1130-1141, Dec.2005.

[7]渡邊慎也, 齊藤耕太, 谷口晶俊, 橋本修, 齊藤寿文, 栗原 弘, "電磁界伝熱連成解析手法を用いた高電力下における $\lambda/4$ 型電波吸収体の温度分布に関する検討," 電子情報通信学会論文誌(C), Vol.J89-C, No.12, pp.1054-1065, Dec. 2006.

[8] S.Watanabe, A.Taniguchi, K.Saito, and O.Hashimoto, "Study of the Internal Temperature of a $\lambda/4$ Type EM-wave Absorber under Power Injection," VII International Symposium and Exhibition on Electromagnetic Compatibility and Electromagnetic Ecology, pp.98-100, June 2007.

[9]渡邊慎也, 齊藤耕太, 倉形尚宏, 橋本修, 齊藤寿文, 栗原 弘, "誘電損材料を用いた一層型電波吸収体の電力照射時における温度分布," 電子情報通信学会論文誌(C), Vol.J90-C, No.3, pp.223-234, March 2007.

3. 研究の方法

まず、耐電力性能を有する電波吸収体の研究開発を行うにあたり、その吸収体材料の違い(①抵抗皮膜材料、②磁性材料)、および、吸収体構造による違い(③縦列構造、④ピラミッド構造)による、高電力下におけるその温度上昇を、先に述べた全ての伝熱を計算可能な、電磁界伝熱連成解析手法を用いて計算した。

また、図1に示すような高電力照射装置を用いて実際に吸収体に高電力を照射し、その温度上昇を計測した。そして、両者を比較す

ることによって得られた計算結果、実験結果の信頼性を検討し、所望する吸収性能とともに耐電力性能が得られているかどうか解析および実験的に確認を行う。



図 1：高電力照射測定系

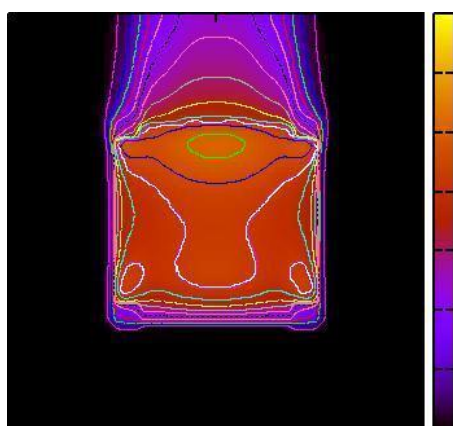


図 2：高電力照射時の抵抗皮膜型吸収体表面温度分布の計算結果

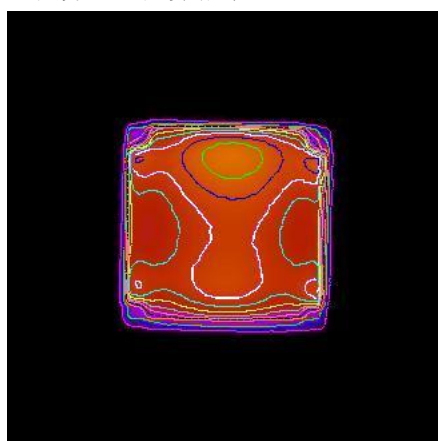


図 3：高電力照射時の抵抗皮膜型吸収体表面温度分布の実験結果

4. 研究成果

本章では、3章で述べたその吸収体材料の違い、および、吸収体構造による違いによる、

高電力下におけるその温度上昇について、その成果を述べる。まず、異なる吸収体材料を用いた場合は、

(1) 抵抗皮膜材を用いた場合

本検討では、スペーサ部が空気ではなく材料(発砲ポリエチレン)を用いた場合に、その高電力照射時における内部温度について解析結果および実験結果に有効性確認の為の基礎検討を目的とした。

図2および図3に、吸収体表面温度分布の計算結果および実験結果を示す。本吸収体においては、その抵抗皮膜材表面の温度分布に加え、スペーサとして用いた発砲ポリエチレンの内部温度とともに良好に一致することを確認できた。

これにより、解析、実験の両面から詳細な温度分布が得られ、本解析手法の有効性を確認できた。

(2) 磁性損失材料を用いた場合

本吸収体においては、他の吸収体と比較して薄型であることと、熱伝導率が高いことから、その表面温度分布は一樣となることが確認された。また、その計算結果、実験結果は良好に一致することが確認でき、磁性損失材料を用いた場合の高電力下における吸収体の温度分布を解析および実験から良好に確認できた。

次に、吸収体構造による温度分布の違いを述べる。

(3) 縦列型構造の吸収体

本吸収体は、吸収体材料箇所を縦方向の抵抗皮膜列(フィン構造)に置き換え、これにより対流による冷却構造を有している。本検討においても高電力下における温度分布を解析および実験の両面で確認した。

図4および図5に、高電力照射時の吸収体表面温度分布の計算結果および実験結果を示す。この結果、両者の結果が良好に一致することを確認したことから本吸収体の温度分布を定量的に把握すると共に、冷却構造を有する吸収体の基礎的検討を行うことが出来た。

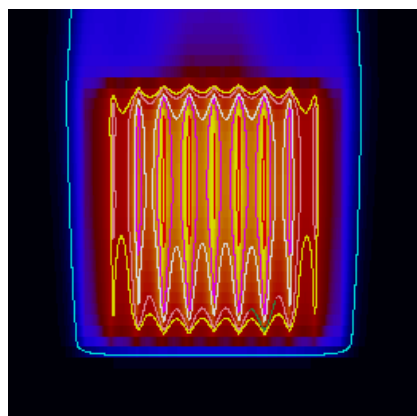


図 4：高電力照射時の縦列構造型吸収体表面温度分布の計算結果

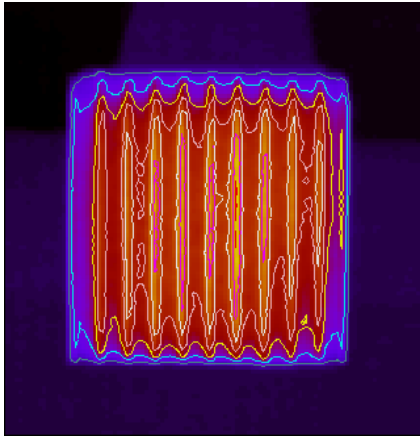


図 5：高電力照射時の縦列構造型吸収体表面温度分布の実験結果

(4) ピラミッド構造

本吸収体では、一般的に電波暗室に使用される吸収体として、高電力下におけるその温度分布を把握することが重要であることから検討を行った。本検討においても高電力下における温度分布を解析および実験の両面で確認した。なお、本検討では従来行ってこなかった周波数を変化させた場合の検討や、大きさを変更した場合の検討、更にはピラミッド構造の個数を変化させた場合の検討等も併せて行った。

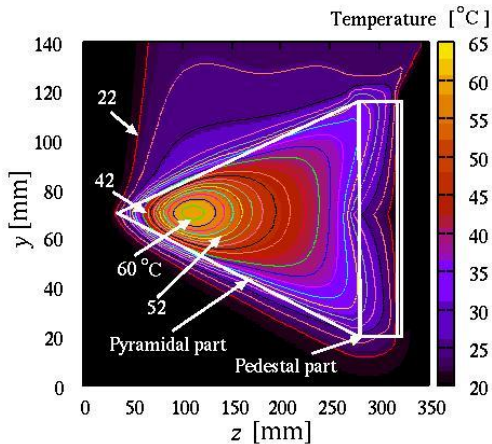


図 6：照射周波数が 6 GHz の場合のピラミッド型吸収体の内部温度

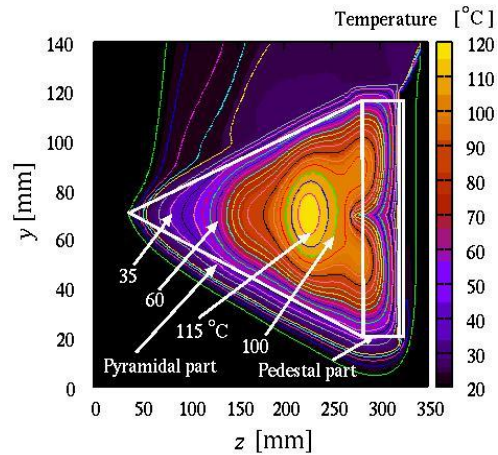


図 7：照射周波数が 2 GHz の場合のピラミッド吸収体の内部温度

一例として、図 6, 7 に照射周波数が 6 GHz、2 GHz の場合のピラミッド型吸収体の内部温度を示す。各検討において解析および実験結果が良好に一致することを確認し、比較的大きな構造を有する本吸収体にも計算手法、実験手法が有効であることを確認すると共に、ピラミッド型電波吸収体の温度分布に関する定量的なデータを提供できた。

最後に、確立した電磁界熱連成解析手法を応用し、ノイズ抑制シートの発熱による特性変化に関し、応用研究として行った。すなわち、この具体的背景として、ノイズ抑制シートは動作中の発熱した LSI 等の近傍で用いられるが、このような温度条件でノイズ抑制シートによるノイズ抑制効果を評価、検討は行われていない。そこで、本検討では、温度変化に対するノイズ抑制シートの抑制効果を、伝送減衰率に着目して評価する方法について検討した。

その方法としては、まず IEC62333 に準拠したノイズ抑制評価用基板と高熱伝導性材料、アルミ板、ペルチェ素子で構成された評価用基板を用意し、これにノイズ抑制シートを付加した場合と付加しない場合について、その温度を 20°C から 80°C まで変化させた場合の伝送特性をネットワークアナライザにて測定した。

この結果、まずシートを付加しない場合については、測定した温度範囲である 20°C から 80°C までにおいては、一般的な放射規制周波数である 3 MHz から 6 GHz まで伝送特性に変動が発生しないことが確認されたものの、シートを付加した場合については、温度変化によって伝送特性が 2 GHz で最大 6 dB 生ずることが分かった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

[1] T. Sasagawa, S. Watanabe, O. Hashimoto, T. Saito, and H. Kurihara: "Study on the Temperature Limitation of the Injecting Power to a Pyramidal EM-wave Absorber. Date of Evaluation" IEICE Transactions on Electronics, Vol. E92-C, No. 10, pp. 1319-1321 (2009-10) (査読あり).

[2] 笹川哲宏, 渡邊慎也, 橋本 修, 斉藤寿文, 栗原 弘: "高電力下におけるピラミッド型電波吸収体の温度分布解析に関する基礎検討" 電子情報通信学会論文誌 (C), Vol. J91-C, No. 10, pp. 495-497 (2008-10) (査読あり).

[3] 倉形尚宏, 渡邊慎也, 橋本 修, 斉藤寿文, 栗原 弘: "磁性損失材料を用いた一層型電波吸収体の電力照射時における温度分布" 電子情報通信学会論文誌 (B), Vol. J91-B, No. 6, pp. 711-712 (2008-6) (査読あり).

[4] S. Watanabe, A. Taniguti, T. Saito, O. Hashimoto, T. Saito, and H. Kurihara "Computer Simulation about Temperature Distribution of an EM-Wave Absorber Using a Coupled Analysis Method" (査読あり) IEICE Transactions on Electronics, Vol. E91-C, No. 4, pp. 638-646 (2008-4).

[学会発表] (計 7 件)

[1] 渡辺恵理子, 渡邊慎也, 橋本 修, 斉藤寿文, 栗原 弘: "高電力下における抵抗皮膜を用いた縦列電波吸収体の温度分布に関する検討" 信学技報, MW2008-78, OPE2008-61, pp. 175-179 (2008-7-24) (北海道、千歳アルカディア・プラザ) .

[2] Shinya Watanabe, Akitoshi Taniguchi, and Osamu Hashimoto: "Fundamental Examination about Cooling Approach for a Heated EM-Wave Absorber under High Power Injection" 2008 IEEE EMC Symposium (2008-8-23) (アメリカ、デトロイト).

[3] 渡辺恵理子, 渡邊慎也, 橋本 修: "各種スペーサ材料を用いた縦列電波吸収体の温度分布解析" 電子情報通信学会ソサイエティ大会 (通信講演論文集 1) B-4-46, p. 287 (2008-9-16) (東京、明治大学) .

[4] 笹川哲広, 渡邊慎也, 橋本 修, 斉藤寿文, 栗原 弘: "ピラミッド型電波吸収体の周波数変化に対する温度分布に関する実験的検討" 電子情報通信学会ソサイエティ大会 (通信講演論文集 1) B-4-47, p. 288 (2008-9-17) (東京、明治大学) .

[5] Shinya Watanabe, Takahiro Kurakata,

Osamu Hashimoto, Toshifumi Saito, and Hiroshi Kurihara: "Study of Temperature Distribution of an One Layer EM-wave Absorber Using a Lossy Magnetic Material under High Power Injection" Proceedings of the 38th European Microwave Conference, pp. 781-784 (2008-10) (イタリア、ローマ).

[6] 渡邊慎也, 笹川哲広, 橋本 修, 斉藤寿文, 栗原 弘: "ピラミッド型電波吸収体の耐電力性能に関する解析的検討" 電子情報通信学会総合大会 (通信講演論文集 1) B-4-31, p. 374 (2009-3-18) (愛媛、愛媛大学).

[7] 宮本和哉, 橋本修他: "マイクロ波帯で用いられるノイズ抑制シートの温度変化に対する伝送減衰率の評価方法" 電子情報通信学会ソサイエティ大会 (通信講演論文集 1) C-2-76, p. 112 (2010-9-16) (大阪、大阪府立大学) .

6. 研究組織

(1) 研究代表者

橋本 修 (Hashimoto Osamu)
青山学院大学・理工学部・教授
研究者番号: 60237930

(2) 研究分担者

渡邊 慎也 (Watanabe Shinya)
青山学院大学・理工学部・助教
研究者番号: 30383508