

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：11201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K18015

研究課題名(和文)無線LAN二波吸収を実現する羽板構造木質系電波吸収体の構造設計

研究課題名(英文)Design of louver-structured wave absorber for dual band wireless LAN

研究代表者

三浦 健司 (Miura, Kenji)

岩手大学・理工学部・准教授

研究者番号：90361196

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：高吸収特性や二波共用特性といった機能を付与する目的で羽板構造電波吸収体の材料・構造設計を実施した。磁性複合材料の二層成形体評価により、界面のゆらぎが吸収特性に悪影響を及ぼさないこと、また、磁性複合材料と導電性複合材料を混合することでさらに斜入射吸収特性に優れた材料となる可能性があることを明らかにした。また、羽板構造の電波伝搬シミュレーションによって、二段階で電界強度が減衰することを確認し、高吸収特性化や二波共用特性付与が羽板構造にすることで得られる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：For the purpose of equipping high or dual-band absorption characteristics absorber materials and absorption characteristics of louver-structured wave absorber were examined. It was revealed that a fluctuation between two compounds has no effect on absorption characteristics by evaluation of double-layered samples fabricated. In addition, a new absorption material made by mixing magnetic and conductive composites showed a good absorption performance against oblique incidence. Furthermore, it was revealed that a louver-structured absorber absorbed incident wave in twice by FDTD simulations.

研究分野：磁気デバイス工学

キーワード：電波吸収体 羽板構造 磁性複合材料 フェライト 木質プラスチック

1. 研究開始当初の背景

スマートフォンに代表される小型情報端末機器の爆発的な普及と情報コンテンツの大容量化により3G/LTE携帯電話回線の容量が逼迫しているが、その負荷を軽減するため、携帯電話事業者らが無線LANアクセスポイント(AP)を無秩序に設置する事態となっている。AP数は主要3社合計で全国50万箇所(2013年5月現在)であり、特にターミナル駅、国際空港、国際会議場などの都市部公共空間ではAPの乱立が見られる状況である。この電波干渉に起因する接続品質の低下(つながりにくさ)は都市部の公共空間における深刻な問題として認識されており、遠方の無線LANアクセスポイントからの微弱電波を吸収して最適な電波カバーエリアの構築をする等、電波環境の改善が急務となっている。

上記問題を解決するためには電波吸収をする内装材(壁材、床材、パーティション)があれば都合である。過去には一般的な内装材であるモルタル材やケイ酸カルシウム材等の窯業系材料を電波吸収体とする試みがあったが、内装材に吸着した水分(誘電率:約80)に起因する実効誘電率の上昇により、電波吸収周波数が低周波側に大きくシフトすることが懸念されていた。申請者は内装材に加工可能な電波吸収体材料として、木粉・プラスチック・ソフトフェライト磁性粉を混練する磁性WPC(Wood-Plastic Composites)を提案した。混練型WPC自体は、林地残材などの未利用バイオマスと、ポリプロピレンなどの疎水性の高いオレフィン樹脂等を主原料としているため高い耐久性・耐水性等を持つ環境資材として、ウッドデッキ材を中心に国内外でその市場が拡大しているが、さらにソフトフェライト磁性粉も混練することで、WPCの長所を失わずに磁気損失・誘電損失による電波吸収の性能付加に成功した。高湿度環境下での含水率は、木粉と再生プラスチックの体積割合がほぼ半分のサンプルM0が相対湿度95%において約6%の含水率を示したが、以前検討されたモルタル板の含水率(11%)の半分程度に留まり、湿度環境に対する性能安定性の面での優位性を確認している。

2. 研究の目的

都市空間に設置が可能でGHz帯不要電波を吸収する木質系パーティションの創出を目指す。既に申請者はユニークな電波吸収材料として混練型磁性WPC(磁性を付与した木質プラスチック複合材)を開発しているが、羽板構造にすることで2度の鋭角入射を意図的に設け、異なる周波数帯の分割吸収と通気性を両立する羽板構造パーティション型電波吸収体の基本設計を実施する。具体的には、以下の3項目を実施することとする。本電波吸収体により、高速無線通信のスループット低下や機器の誤動作を解決するだけでなく、現在盛んに研究されているM2Mワイ

ヤレス通信やエネルギー伝送の際に懸念される電磁環境の悪化を抑制するなど幅広く利用され、より高度なスマート社会実現に貢献する内装材になることを目指している。

(1) WPC二層成形時の電波吸収特性を実験的に実証する。具体的には、平板サンプル二枚を重畳・熱圧縮して二層構造体を作製し、電波吸収特性をGHz帯ネットワークアナライザで評価する。

(2) 当初予定していなかった課題であるが、斜入射吸収特性に優れる電波吸収材料の探査を実施する。特に磁性複合材料だけでなく、導電性複合材料にも幅を広げ、それらの混合材料も仮想的に計算することで現状で実現可能と思われる材料の提案を行う。

(3) FDTD法を用いる電磁波伝搬シミュレーションを実施し、羽板構造電波吸収体の吸収効果を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 無線LANで使用されているマイクロ波帯近に吸収周波数を有する、表面に木質感がある磁性木質プラスチック複合材料(WPC)二層サンプルを試作した。具体的にはMn-Znソフトフェライト磁性粉・木粉・再生ポリプロピレンの3材料を原料として、磁性粉体積割合が3~40%の範囲で磁性WPCを数種作製し(以降はサンプル記号として「M」と記述)、この中から二種類の平板型サンプルを重畳し熱圧縮することで、熱融着された二層サンプルを試作した。この二層サンプルは両側の各コンパウンド部分とそれらに挟まれた界面揺らぎ部分とに外観から区別できるが、この三部分を三層構造と考えると、二端子対網の三層縦続接続として等価回路上取り扱うことが可能となる。本検討では、同軸管法によるSパラメータ評価の際に両側各コンパウンド層T行列の逆行列を乗じてディエンベディングすることにより、中間にある界面揺らぎ層の比誘電率・比透磁率推定を行った。

(2) ポリプロピレン(PP)とCB高濃度コンパウンド(PP:CBが約7:3の複合材チップ)をコンパウンド体積割合が8~50%となる範囲で熔融混練することによって導電性複合材料(以降はサンプル記号として「CBPP」と記述)を作製した。その後、厚さ約3mmの平板状試料へ加工し、同試料から外径7-0.05mm、内径3+0.05mmの環状試験体を作製した。その後、ネットワークアナライザ(HP8720D)を用いた同軸管法により、0.05~10.05GHzのSパラメータを測定し、各パラメータに対しNicolson-Rossアルゴリズムを適用することでCBPPの複素比誘電率・複素比透磁率の周波数特性を得た。

(3) (2)で得られた斜入射吸収特性に優れた材料を吸収材料として金属板上に配置し、それを入射波進行方向に対し 45°で設置することで吸収構造の前面と背面で電界強度がどの程度減衰するかを FDTD 電波伝搬シミュレーションを用いて解析した。二次元 FDTD シミュレーションにおける羽板構造電波吸収体の羽板配置と境界条件を図 1 に示す。今回は入射電波の周波数を 2.45GHz 一定とした。また、羽板間隔 P を 15cm とし、羽板幅 W はその 2 倍とした。

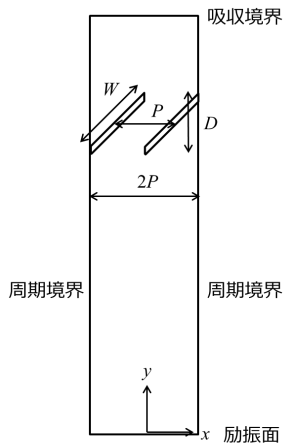
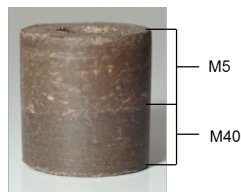


図 1 二次元 FDTD シミュレーションにおける羽板構造電波吸収体の羽板配置と境界条件。

4. 研究成果

(1) 図 2 に試作した二層成形体を示す。また、図 3 には推定された二層界面付近の (a) 誘電率実部 (b) 誘電率虚部 (c) 透磁率実部 (d) 透磁率虚部を示す。界面揺らぎ層比透磁率は両コンパウンドの値の中間値を示したが、比誘電率については、両コンパウンドと比較して増大する傾向が確認された。この原因として、サンプル外観から計測された各層厚さとサンプル内部の実質的な層構造の厚さに差異があったためと判断されるが、電磁氣的に揺らぎ層に相互作用等は働いていないことが確認された。



今回評価する二層型電波吸収体 (濃淡の境目が2つの材料の界面)

図 2 試作した二層成形体。

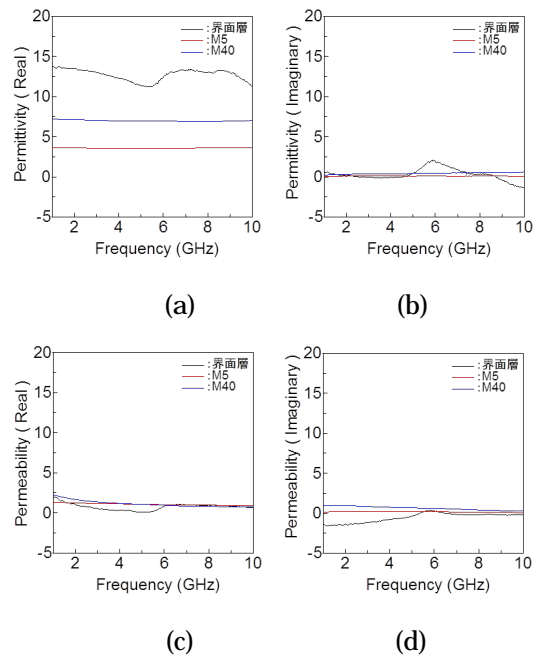


図 3 推定された二層界面付近の (a) 誘電率実部 (b) 誘電率虚部 (c) 透磁率実部 (d) 透磁率虚部。

(2) 表面層 M0 (磁性粉体積割合 0%) に対し底面層 CBPP32 (CB 高濃度コンパウンド 32%) と、M0/M40 (磁性粉体積割合約 40%), M0/M56 (磁性粉体積割合約 56%) の吸収帯域幅に着目し、比帯域 $\Delta f / f_0$ [%] を算出した。 Δf は RL が 20 dB 以上となる帯域幅、 f_0 は RL が最大となる整合周波数である。その算出結果を図 4 に示す。M0/CBPP32 の比帯域は 5~10%、M0/M40、M56 はどちらも 15~20% の範囲に収まった。無線 LAN に使用されている 2.4GHz、5.2 GHz 5.6 GHz 帯の比帯域はそれぞれ 3.42%、3.81%、4.56% であり、それらの帯域に対応した電波吸収体の損失材料として CBPP32 は有効であるが、5.2 GHz と 5.6 GHz 帯を合わせた比帯域は 10.57% となり、5GHz 帯をカバーする損失材料としては磁性 WPC の方が有効であることが明らかとなった。

またこれらの材料を用いた際の斜入射吸収特性をこれまでと同様に伝送線路理論を用いて算出した。TM 波においては入射角 45° のときでも RL で 20 dB を越える傾向にあるが、入射角が小さい場合は RL で 20 dB を下回った。TE 波ではどちらの材料でも RL で 20 dB を越えなかった。図 5 には M40、CBPP32 の TM 入射時の RL 入射角度依存性を示す。TM 波の M40 においては入射角が 20° 未満でしか RL 20 dB を達成しなかった。一方、CBPP32 においては入射角 45° のときでも RL で 20 dB を越える傾向にあるが、入射角が小さい場合は RL で 20 dB を下回った。今回は 0~45° まで 20dB を超える吸収特性を有する材料を探査するため、これらの材料を混合することでそれぞれの材料の特性を活かすことをした。今回は二種類の物質の混合割合を変えたときの誘電率と透磁率を求める公式として

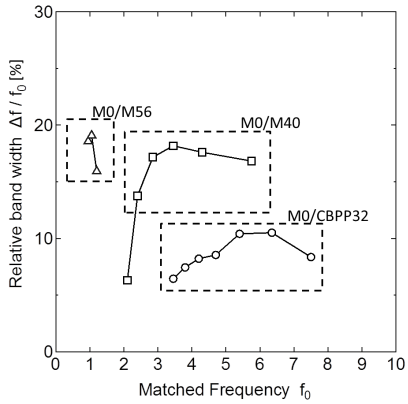
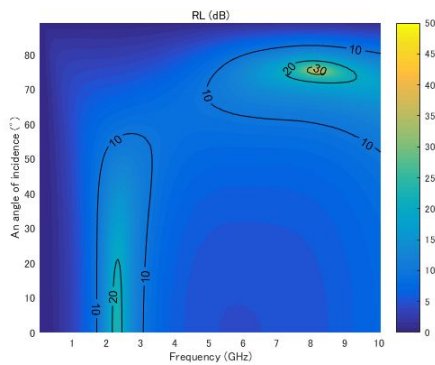
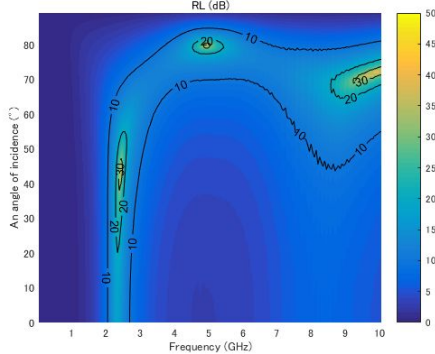


図4 M0/M56, M0/M40, M0/CBPP32 の比帯域



(A) M40 (厚さ 8.7 mm)



(B) CBPP32 (厚さ 8.7 mm)

図5 M40, CBPP32 の RL 入射角度依存性

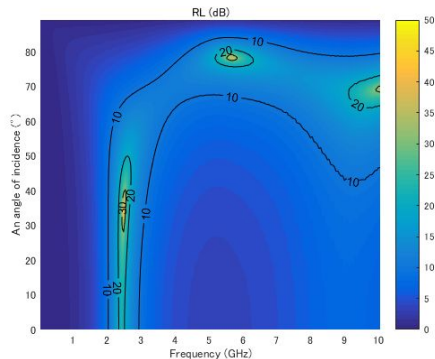


図6 体積割合 3:7(M40:CBPP32)の RL 入射角度依存性 (厚さ 8.7 mm)

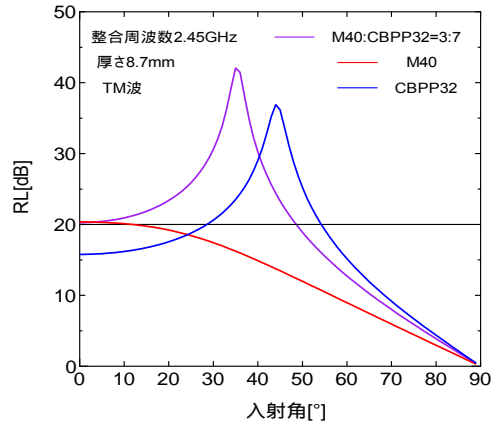


図7 磁性複合材料 (M40), 導電性複合材料 (CBPP32), M40 と CBPP32 の混合材料の厚さ 8.7 mm, 周波数 2.45GHz, TM 波における反射減衰量。

Lichtenecker の対数混合則を用いた。

M40 と CBPP32 の混合割合をパラメータとして RL の入射角度依存性を算出した。図6にはその中で結果が良好だった体積割合 3:7 (M40:CBPP32) の RL 入射角度依存性 (厚さ 8.7 mm) を示す。整合周波数は図5と同様 2.45 GHz となるようにした。図7には磁性複合材料 (M40), 導電性複合材料 (CBPP32), M40 と CBPP32 の複合材料の厚さ 8.7 mm, 周波数 2.45GHz, TM 波における反射減衰量を示す。仮想混合材料は入射角 0~49° において RL で 20 dB 以上となり, 入射角 45° において RL で 24 dB 程度を示すことが明らかになった。

(3) 羽板構造 FDTD 計算

図8には(2)の計算結果で得られた M40 と CBPP32 の混合材料を金属板の表裏に配置して入射角に対し 45° で設置した構造における二次元電波伝搬シミュレーションの計算過程での電界強度をカラーマップで示したものである。羽板構造体の手前で大きな定在波が認められなかったことから, 励振面に向かう反射波は小さいことが確認された。ここで, 羽板構造の入射前の電界 x 成分, 羽板構造内の電界 y 成分, 羽板構造透過後の電界 x 成分を比較したところ, 電界強度が 0.100 V/m, 0.027 V/m, 0.018 V/m であり, で 11.4 dB, で 3.52 dB の減衰量となった。従って, 2回の鋭角入射により, 徐々に入射波が減衰されていることが明らかになった。しかしながら, (2)で得られた理論値ほどの吸収特性がシミュレーションでは得られなかった原因として, 羽板の間隔や羽板端部の回折によるものと考えられた。

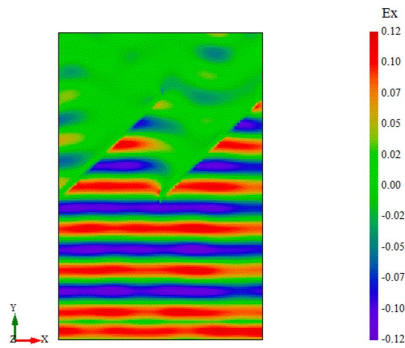


図8 二次元 FDTD シミュレーション結果の一例。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2件)

三浦健司, 三ヶ田祐也, 岡英夫, 関野登, 小林正彦, 木口実, 大友祐晋, 磁性粉配合混練型木質プラスチックを用いる多層型電波吸収体の二波共用特性実現のための厚さ最適化, 電子情報通信学会論文誌 B, 査読有, Vol.62, 2016, pp.9-17
Doi:10.2488/jwrs.62.9

三浦健司, 関野登, 久保田賢二, 岡英夫, 小林正彦, 木口実, 大友祐晋, 電波吸収機能を有する混練型 WPC, 木材学会誌, 査読有, Vol.J99-B, No.3, 2016, pp.241-243

〔学会発表〕(計 3件)

三橋敏史, 三浦健司, 長田洋, 関野登, 小林正彦, 木口実, 大友祐晋, 二層成形した磁性複合材の界面層の誘電率・透磁率, 第39回日本磁気学会学術講演会, 2015年9月, 名古屋大学

吉田貴紀, 三浦健司, 長田洋, 関野登, 小林正彦, 木口実, 大友祐晋, 磁性及び導電性複合材料を用いる多層型電波吸収体の構造最適化, 平成27年度電気関係学会東北支部連合大会, 2015年8月, 岩手県立大学

三橋敏史, 三浦健司, 長田洋, 関野登, 小林正彦, 木口実, 大友祐晋, 二層成形体電磁評価のためのディエンベディング方法の検討, 平成27年度電気関係学会東北支部連合大会, 2015年8月, 岩手県立大学

〔図書〕(計 1件)

三浦健司 他, 技術情報協会, 電磁波吸収・シールド材の設計, 評価技術と最新ノイズ対策, 2016, 446

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕
なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

三浦 健司 (Miura, Kenji)
岩手大学・理工学部・准教授
研究者番号: 90361196