

# 無線 LAN 用電波吸収体と周波数選択膜

## Waveabsorbers and Frequency Selective Surfaces for Wireless LAN

機器部品事業部  
技術開発部

// 細谷 勝宣

■ K. Hosotani

機器部品事業部  
技術開発部

// 坂井 聡

■ S. Sakai

技術本部  
総合研究所

// 柏原 一之

■ K. Kashiwara

技術本部  
総合研究所

// 工藤 敏夫

■ T. Kudou

今後ますます導入が期待される無線 LAN システムの通信品質とセキュリティを確保するスマートアイテムとして、新規に開発した電波吸収体と周波数選択膜 (FSS : Frequency Selective Surfaces) の概要を紹介する。本技術は無線 LAN 分野に留まらず、広く電波を使用するこれからの IT 社会、ユビキタス社会にとっても有用である。

〔キーワード〕無線 LAN, IT, ユビキタス, 2 波共用, 電波吸収体, FSS, エルサレムクロス

As we enter the IT and ubiquitous age, wireless LAN systems will be in greater demand. More importance will be placed on ensuring communication quality and security in such systems. This report describes the outline of our new waveabsorbers and FSS (Frequency Selective Surfaces) as one of the smart solution items for improving electromagnetic environment of such systems.

〔Key words〕Wireless LAN, IT, Ubiquitous, Dual Bands, Waveabsorber, Frequency Selective Surfaces, FSS, Jerusalem Cross

### 1 まえがき

オフィスや共同住宅における無線 LAN の運用に際し、隣接するビルや同一ビルのテナント、あるいは上下階から到来する不要電波や室内什器による多重反射波は、伝送速度 (スループット) の低下を招来し、またセキュリティの観点からも電波吸収体やシールド材の適切な適用が必要となる。

現在の無線 LAN 規格 IEEE 802.11 (Table 1) では、11 b が主流であるが、より伝送速度の速い 11 g や、周辺ノイズの少ない 11 a に移行する傾向にあり、当面はこれらが混在する状況が続くものと考えられる。

Table 1 IEEE 802.11 規格の概要  
Characteristics of the IEEE 802.11 standard for wireless LAN

規格	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 g	IEEE 802.11 a
伝送速度 (Mbps) (理論値)	11	54	54
周波数 (GHz)	2.412 ~ 2.484	2.412 ~ 2.472	5.15 ~ 5.25
伝送距離 (m) (理論値)	100 ~ 300	100 ~ 300	50 ~ 100

一方、無線 LAN 環境においても携帯電話を使用したといった要望もあり、これらの諸問題を解決するためのスマートアイテムとして、本報では新規に開発した 2 波共用タイプの電波吸収体と周波数選択膜 (FSS) の概要を紹介する。

### 2 無線 LAN 用電波吸収体

無線 LAN 用電波吸収体は使用される場所・要求仕様により、例えば屋内用/屋外用、壁用/天井用、透明タイプ/不透明タイプ、単一周波数用/2 波共用、などさまざまなタイプが考えられ、それらに応じた構成材料・設計手法が必要となる<sup>(1), (2)</sup>。ここでは 2 波共用の内装用石膏ボードタイプと、パーティション用透明タイプの具体的な設計例と試作結果を紹介する。

#### 2.1 2 波共用石膏ボードタイプ電波吸収体

建築物の内装材として一般的な石膏ボードを使用した設計と試作例を紹介する。設計にあたり石膏ボードの複素比誘電率を S パラメータ法により測定した (Fig. 1)。測定は常温・常湿 (20°C, 50% RH) で行った。約 9 GHz 近辺のピークは試料の共振によるものである。

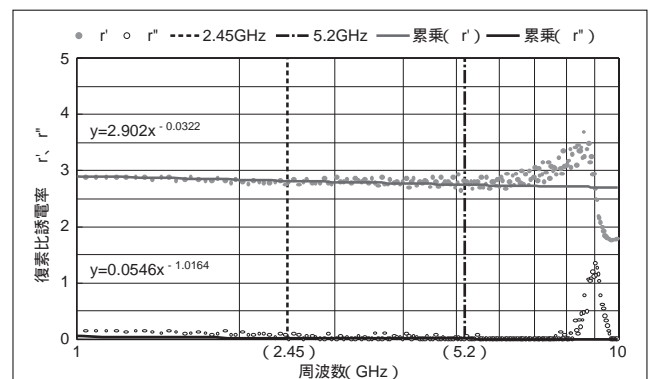


Fig. 1 石膏ボードの複素比誘電率測定結果  
Evaluated dielectric constants of a plaster board

石膏ボード電波吸収体の具体的な設計は、石膏ボード規格品の 12.5 mm 厚を 2 枚使用し、2 枚の抵抗膜の面抵抗値を種々変化させて、整合周波数が略两周波数帯域に来るようにシミュレーションした。計算に使用した石膏ボードの複素比誘電率は、Fig. 1 に示した複素比誘電率の累乗近似式から、2.45 GHz と 5.2 GHz の中央値  $2.79 - j0.015$  を採用した。

抵抗膜は、PET (ポリエチレンテレフタレート) フィルムに導電塗料を塗布したものを使用した。試作品はそれぞれの構成材料を AC (アクリル) 系粘着剤で貼り合せて作成した。試作品のサイズは 300 mm 角であり、電波吸収性能はダブルリジッドガイドアンテナとタイムドメイン機能付 VNA (ベクトルネットワークアナライザ) を使用したアーチ法で測定評価した。計算に使用した各構成材料の複素比誘電率を、Table 2 にまとめて示す。

構成材料	複素比誘電率
石膏ボード	$2.79 - j0.015$
AC	$2.60 - j0.01$
PET	$3.20 - j0.03$

詳細な構成と試料外観を Fig. 2, Fig. 3 に、周波数特性と斜入射特性の設計値と実測値を Fig. 4 から Fig. 6 に、それぞれ示す。

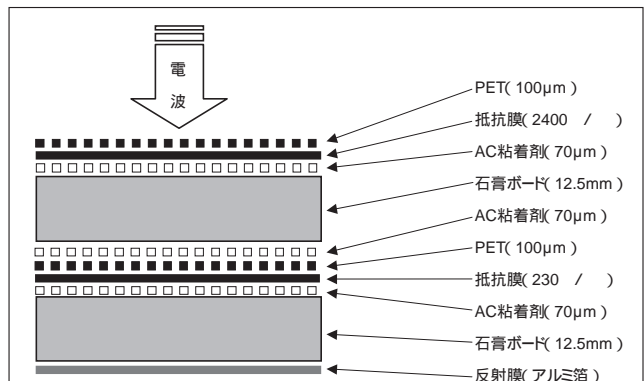


Fig. 2 2 波共用石膏ボード電波吸収体の構成  
Stack structure of a dual band wave absorber (plaster board type)

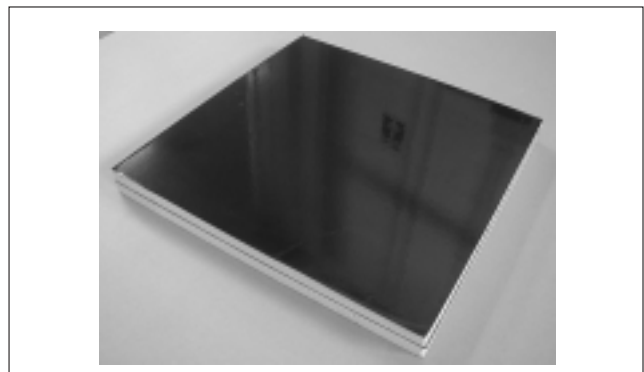


Fig. 3 石膏ボードタイプ電波吸収体の外観写真  
Photograph of a dual band wave absorber (plaster board type)

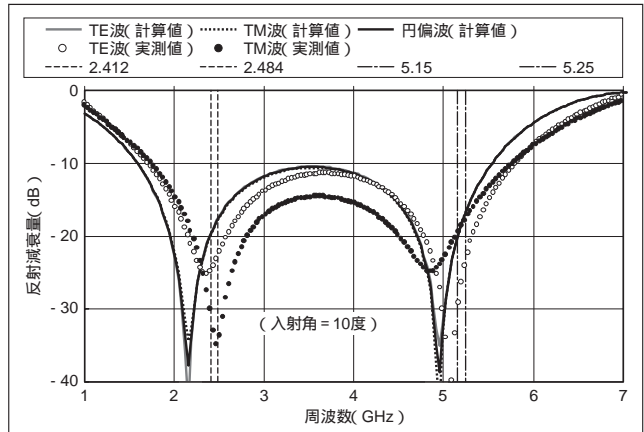


Fig. 4 2 波共用周波数特性  
Frequency characteristics of a dual band wave absorber

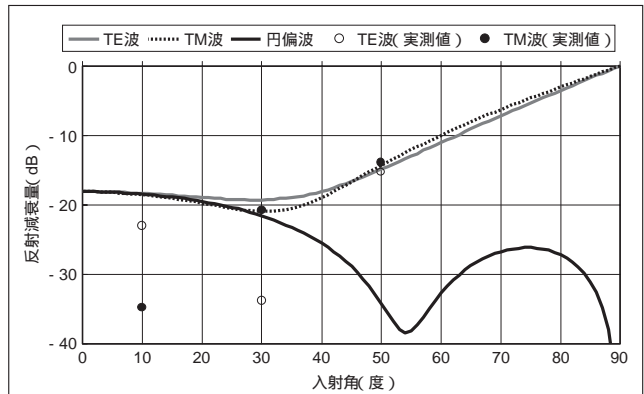


Fig. 5 2.45 GHz 帯斜入射特性  
Grazing incidence characteristics at 2.45 GHz

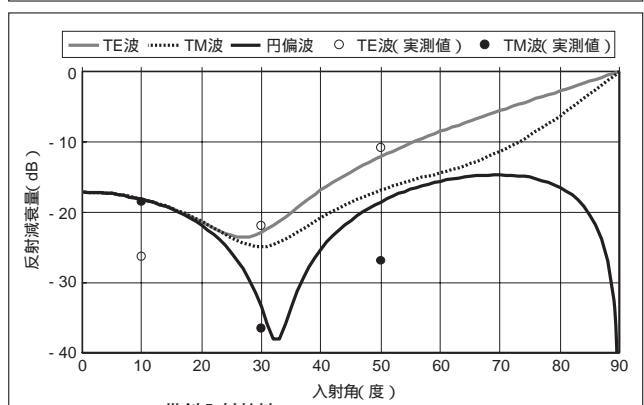


Fig. 6 5.2 GHz 帯斜入射特性  
Grazing incidence characteristics at 5.2 GHz

上記測定結果から、TE 波と TM 波で特性が異なる傾向が見られるが、これは抵抗膜の縦横の方向性によるものと考えられる。4 端子法による面抵抗値 (直流) の実測では縦方向、横方向の差は見られない。しかしながら両帯域ともに入射角 40 度程度まで略 20 dB の吸収性能が得られていることから、無線 LAN 用 2 波共用電波吸収体として実用上問題のない性能を有しているものと判断される。

なお、石膏ボード電波吸収体の吸湿による特性変化については、温度 80℃、相対湿度 95% の高温高湿に 96 時間暴露させた前後を測定評価した結果、常温常湿でのイニシャル (常態) とほとんど変化がなく、屋内での吸湿による影響は無視できる程度であった。

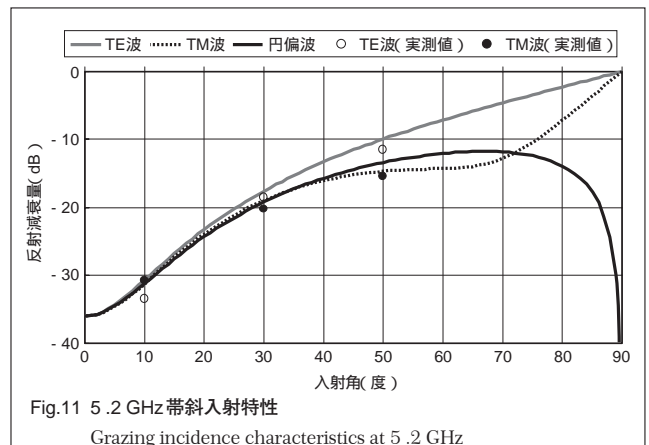
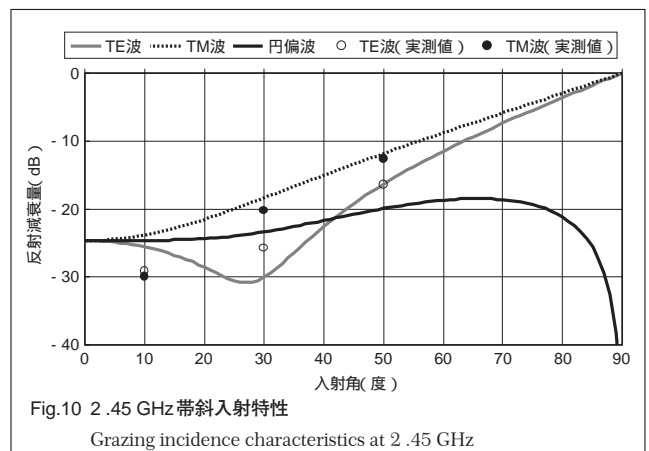
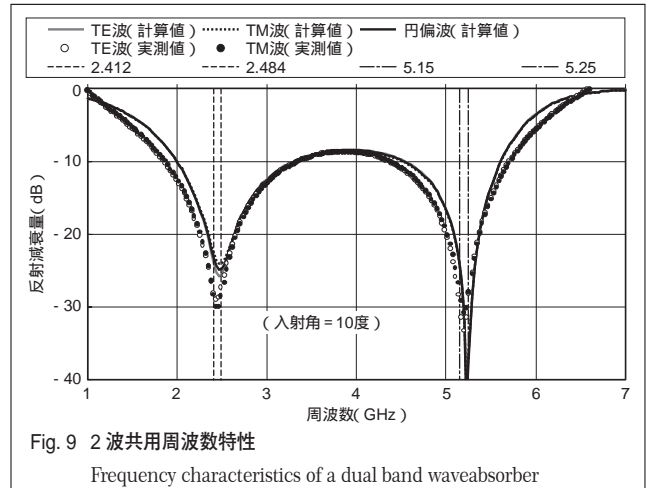
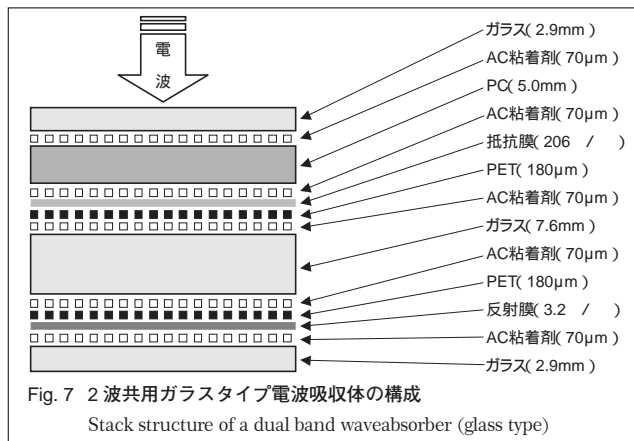
## 2.2 2波共用ガラスタイプ透明電波吸収体

2波共用ガラスタイプ透明電波吸収体の設計では、2波共用とするために中間層部分の2枚のガラスの厚さと、2枚の抵抗膜の面抵抗値をパラメータとして、整合周波数が2.45 GHzと5.2 GHzになるようにシミュレーションを繰り返したが、最適値が得られなかった。試行錯誤の結果、中間層の電波入射面側にガラスよりも複素比誘電率の低いPC（ポリカーボネート）を挿入することにより、一枚の抵抗膜で2波共用タイプの設計が成立することを見出した。Table 3に設計に使用した各構成材料の複素比誘電率を一括して示す。なおガラスの複素比誘電率は、試作した電波吸収体の実測値と計算値の差が最も小さくなるように決定した。

Table 3 構成材料の複素比誘電率一覧  
Dielectric constants of materials

構成材料	複素比誘電率
ガラス（ソーダ石灰ガラス）	6.70 - j0.01
PC	2.73 - j0.01
AC	2.60 - j0.01
PET	3.20 - j0.03

詳細な構成と試料外観を Fig. 7, Fig. 8 に、周波数特性と斜入射特性の設計値と実測値を Fig. 9 から Fig. 11 に、それぞれ示す。



上記結果から本2波共用ガラスタイプ透明電波吸収体は、設計値と実測値が良く一致しており、2.45 GHz帯、5.2 GHz帯ともに入射角40度程度まで20 dBから15 dB以上の優れた吸収性能を有していることが分かる。

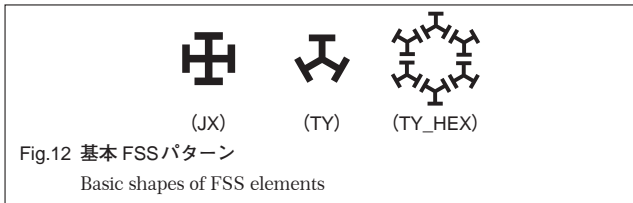
## 3 無線 LAN 用周波数選択膜 (FSS)

誘電体基板上に特有の形状をした金属箔をアレイ状に配列すると、空間を伝播する電磁波に対し、ある特定の周波数で反射または透過を生じ、一種の電波フィルタとして作用する、これは FSS (Frequency Selective Surfaces) と呼ばれ、電波望遠鏡アンテナへの応用が報

告されている<sup>(3)</sup>。

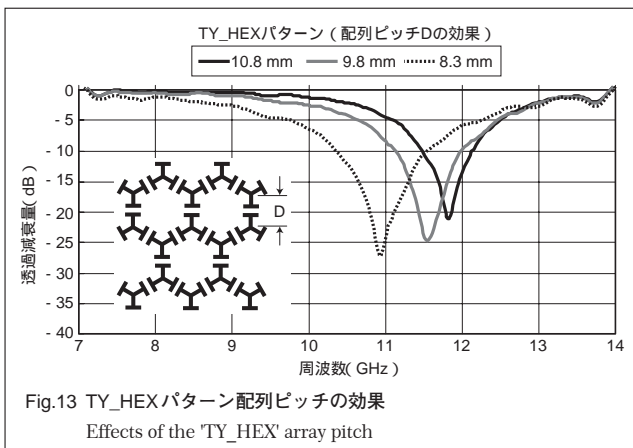
ここでは、エルサレムクロス (JX) パターンを発展させた TY 六角配置 (TY\_HEX) パターンと、それを組み合わせた 2 波共用 TY\_HEX パターンの FSS 試作結果を紹介する。

Fig. 12 に基本 FSS パターンを示す。



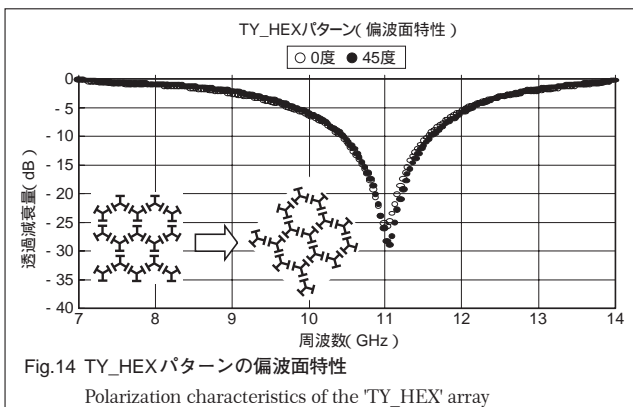
### 3.1 TY\_HEX パターンの特徴

TY\_HEX パターンの配列ピッチによる透過減衰量測定結果を Fig. 13 に示す。



同図から、配列ピッチを小さくするにつれて透過減衰量のピーク周波数は低周波側にシフトし、絶対値も増加する傾向にある。これは隣接するパターン同士の結合が強くなり、周波数選択性(比帯域)が鋭敏になることを示している。

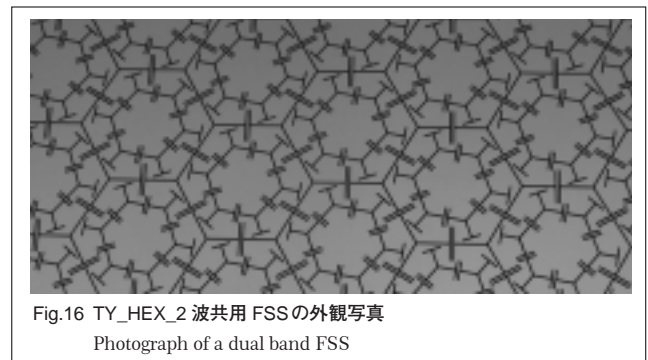
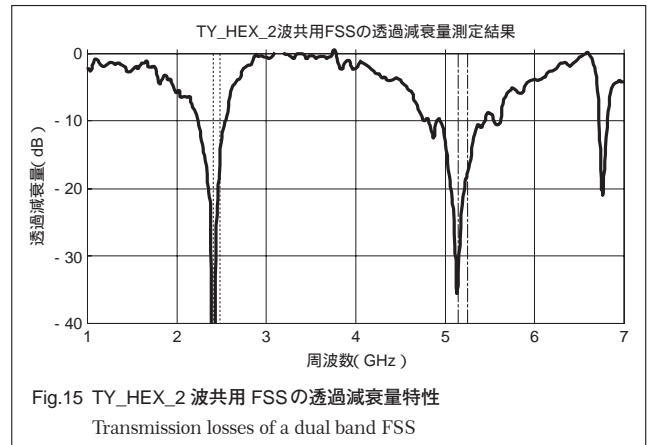
次に偏波特性を調べるために、FSS を 45 度傾けた時の透過減衰量を測定評価した (Fig. 14)。



同図から、ピーク周波数はシフトせず、優れた偏波特性を有していることが分かる。

### 3.2 2 波共用 FSS の設計と試作結果

2 波共用を実現するための方策を検討した結果、周波数が約 2 倍強 ( $5.2 \div 2.45 \approx 2.12$ ) 異なることから、2.45 GHz 帯用パターンの内部に、5.2 GHz 帯用パターンを配置する方法を考え、試作検討を行った。Fig. 15 に透過減衰量測定結果を、Fig. 16 に試作 FSS の外観写真を示す。



同図から、TY\_HEX\_2 波共用 FSS は中心周波数がやや低域にシフトしていることを除き、略二つの周波数帯域で 30 dB 程度の透過減衰量が得られていることが分かる。

## 4 むすび

無線 LAN 環境の通信品質やセキュリティを確保するスマートアイテムとして、電波吸収体と周波数選択膜の検討結果を紹介した。本技術は無線 LAN 分野に留まらず、広く電波を使用するこれからの IT 社会、ユビキタス社会にとっても有用である。

### 参考文献

- (1) 橋本 修. 電波吸収体入門. 森北出版. (1997-10).
- (2) 近藤明日香ほか. パーティションに用いる無線 LAN 用電波吸収体に関する基礎的検討. 信学技報 EMCJ2003-105. pp69-74 (2003-11).
- (3) 入交芳久ほか. 電波天文観測用周波数選択膜の開発. 信学論B II Vol. J73-B- II No.1. p.20-26 (1990-01).