



# テラヘルツシステム応用推進協議会講演 テラヘルツ帯電波吸収体のご紹介

- Maxell Confidential -

# 無線通信の将来

Blue ray Disk2層型ダウンロード時間 (最小時間)  
50Gbyte  
4000秒  
400秒  
40秒

データ通信速度  
▲  
100Gbps  
10Gbps  
1Gbps  
100Mbps

指数関数的にデータ転送速度が速くなる！

**4秒**

**6G**  
超高速通信端末？  
**12.5Gbyte/s**

**5G**  
4K  
8K  
画像転送

1.25Gbyte/s



LTE4G  
スマートフォン

125Mbyte/s



3G  
ガラケー

12.5Mbyte/s

800MHz帯

2000年

2.4GHz帯  
5.0GHz帯  
2010年

28GHz帯  
2020年

通信周波数  
THz無線通信  
300GHz帯  
2030年頃

# ミリ波～テラヘルツ波対応電波吸収シート(反射型) 開発品

高周波帯域(ミリ波帯域～テラヘルツ波領域)で使用可能な電波吸収シートである。  
今後の利用電波の高周波化に伴う、電波障害対策用への有効な部材として開発を進めている。

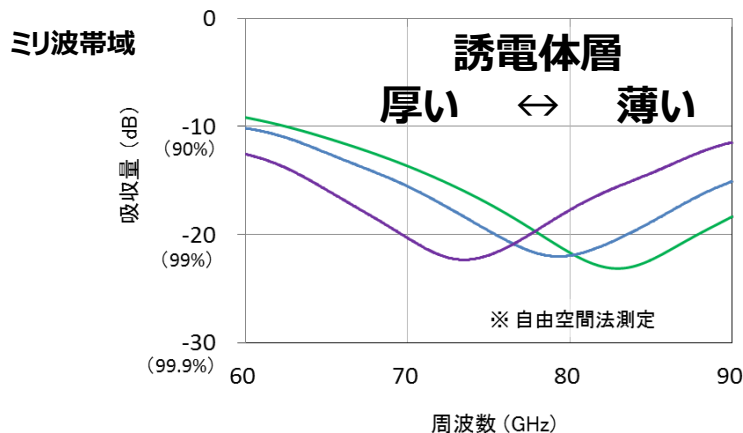
## 特長

- 透明(透過率約60%)の電波吸収シート。
- 誘電体層の厚み・材質で吸収周波数をコントロール可能。
- シートの屈曲が可能。

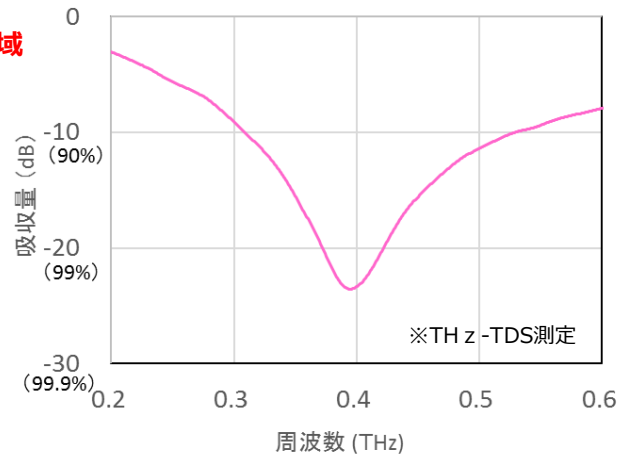
## 技術水準

- 反射型で電波吸収効果(減衰率:99%以上)を立証。
- テラヘルツ波領域での電波吸収特性を立証。

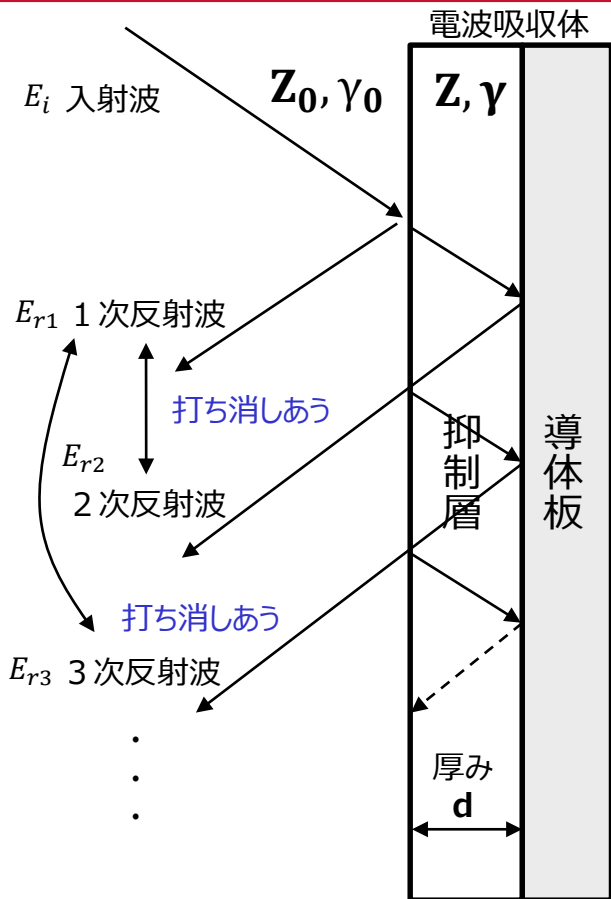
## 電波吸収シートの吸収特性



## テラヘルツ帯領域



# 電波吸収(反射型)の原理図と解説



## 2次反射波

- 1次反射波に対して位相差が $180^\circ$ に近いために振幅比が1ではないが、打ち消しあう。

## 3次反射波以降

- 1次反射の打ち消しの残りを高次の反射波で打ち消していく。

表面での反射波（1次反射波）と裏打ちした導体板での反射波（2次反射波）が互いに打ち消しあうことにより、見かけ上空気と電波吸収体の整合がとれた状態となり、電波は抑制層にすべて侵入し、電波エネルギーが電波吸収体の損失特性により損失する。

$$\begin{aligned} \text{反射係数} : \Gamma &= \frac{\sum_{n=1}^{\infty} E_{rn}}{E_i} \\ &= \frac{Z \tanh \gamma d - Z_0}{Z \tanh \gamma d + Z_0} \end{aligned}$$



$$Z \tanh \gamma d = Z \tanh(j\omega\sqrt{\mu\epsilon}d) = Z_0$$

$$\gamma : \text{伝搬係数} \quad j\omega\sqrt{\mu\epsilon}$$

抵抗膜および、抑制層を $377\Omega$ してはいけない。(パーフェクトマッチングしない。)

- Maxell Confidential - 反射波が必要になる。

# 抵抗膜を用いた電波吸収体

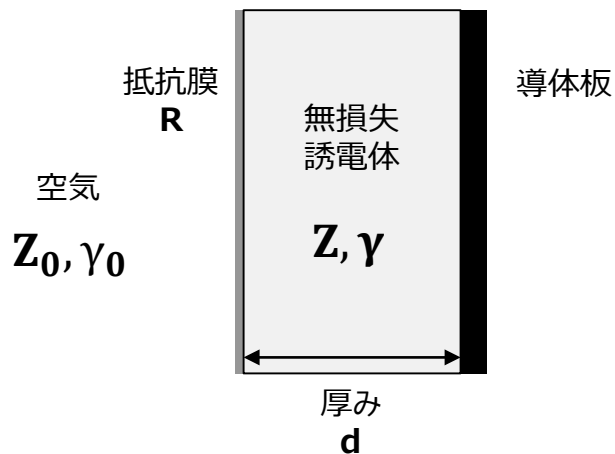


図. 抵抗膜を用いた電波吸収体

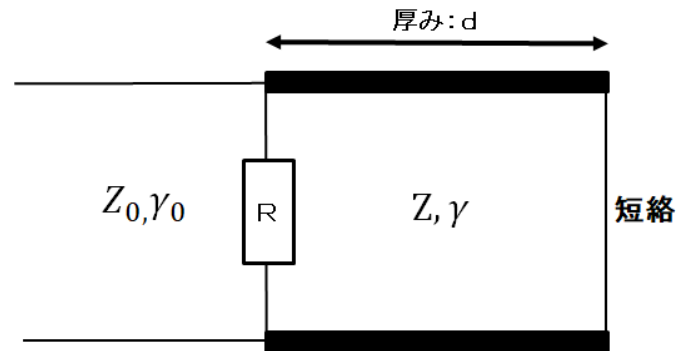


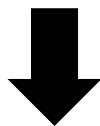
図. 抵抗膜を用いた電波吸収体のモデル化

$$\begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 1/R & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cosh \gamma d & Z \sinh \gamma d \\ (1/Z) \sinh \gamma d & \cosh \gamma d \end{pmatrix}$$

# 抵抗膜を用いた電波吸収体

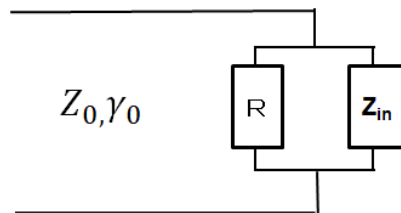
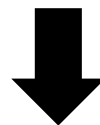
$$\begin{pmatrix} E_+(1 + \Gamma) \\ (1/Z_0)E_+(1 - \Gamma) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ H_1 \end{pmatrix}$$

$$\therefore \Gamma = \frac{\frac{RZ \tanh \gamma d}{R + Z \tanh \gamma d} - Z_0}{\frac{RZ \tanh \gamma d}{R + Z \tanh \gamma d} + Z_0}$$



$$\frac{RZ \tanh \gamma d}{R + Z \tanh \gamma d} = Z_0$$

$$\therefore \Gamma = \frac{\frac{RZ \tanh \gamma d}{R + Z \tanh \gamma d} - Z_0}{\frac{RZ \tanh \gamma d}{R + Z \tanh \gamma d} + Z_0}$$



$$Z_{in} = Z \tanh \gamma d$$

# 抵抗膜を用いた電波吸収体

誘電体 (比誘電率 :  $\epsilon_s$ 、比透磁率 :  $\mu_s = 1.0 - j0.0$ )

$$\gamma = j\beta = j\omega\sqrt{\mu_0\epsilon_0\epsilon_s} = \frac{j\omega\sqrt{\epsilon_s}}{c}$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{\beta} = \frac{2\pi c}{\omega\sqrt{\epsilon_s}}$$

$$\frac{RZ \tanh \gamma d}{R + Z \tanh \gamma d} = Z_0$$

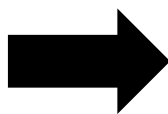
誘電体厚みdの設定

$$d = \frac{\lambda}{4} = \frac{\pi c}{2\omega\sqrt{\epsilon_s}}$$

吸収周波数と厚みは反比例

$$\therefore \tanh \gamma d = j \tan \frac{\pi}{2} = j\infty$$

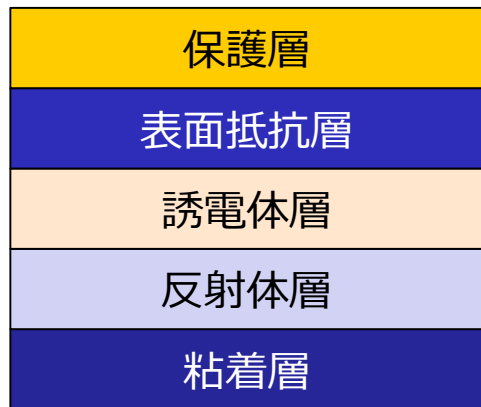
$$\frac{RZ \tanh \gamma d}{R + Z \tanh \gamma d} = Z_0$$



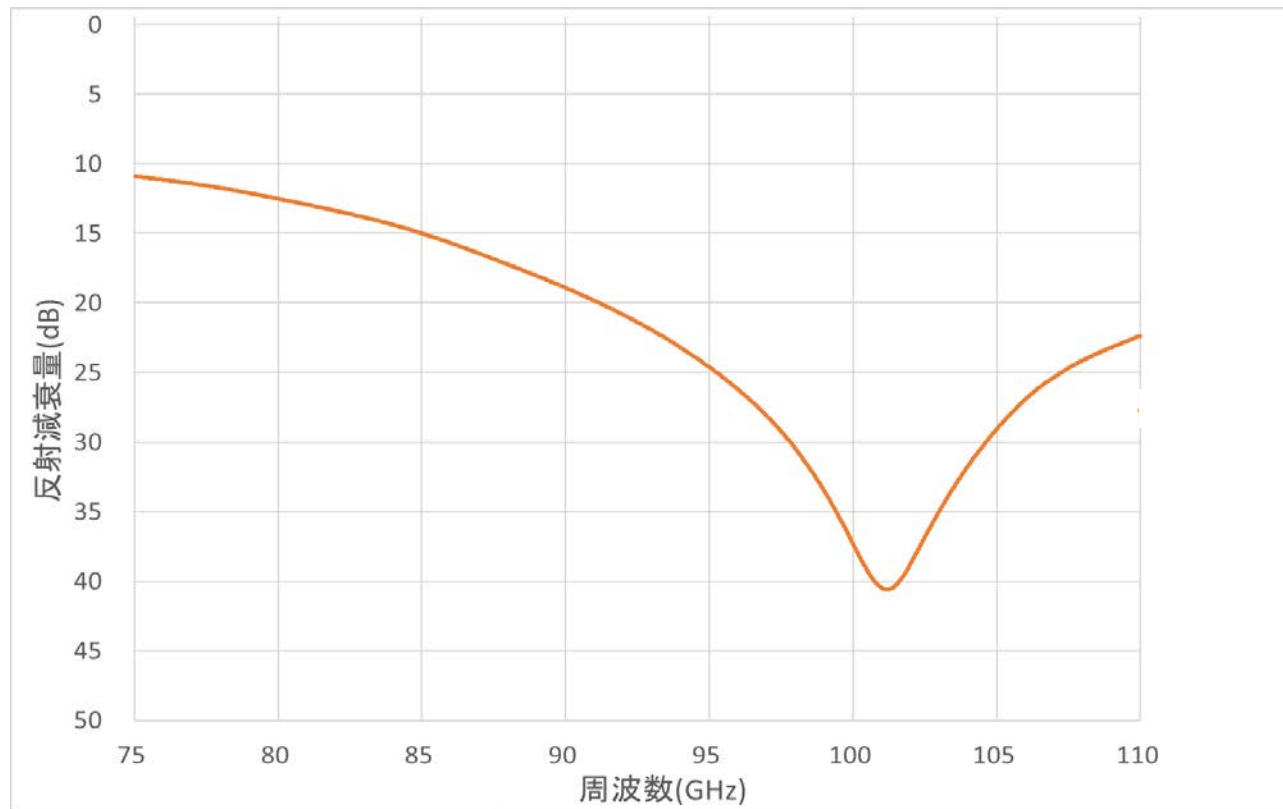
$$R = Z_0$$

# 100GHz帯 電波吸収シート構成と自由空間法での測定結果

◆誘電体層の厚みをチューニングして100GHz帯に吸収ピークを付与



総厚：約550um





# テラヘルツ帯 電波吸収シート構成とTHz-TDSでの測定結果

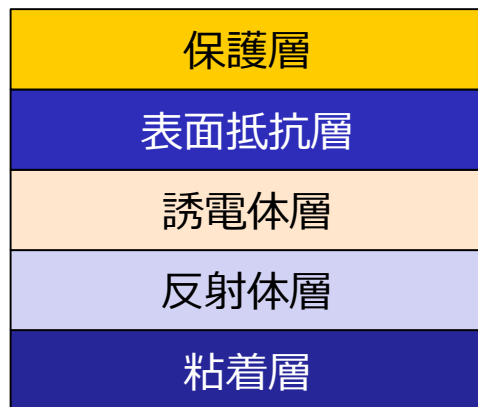
## ◆誘電体層の厚みをチューニングして0.3THz帯に吸収ピークを付与

ADVANTEST社製 TAS7500SP(透過/反射/ATR/透過偏光解析)

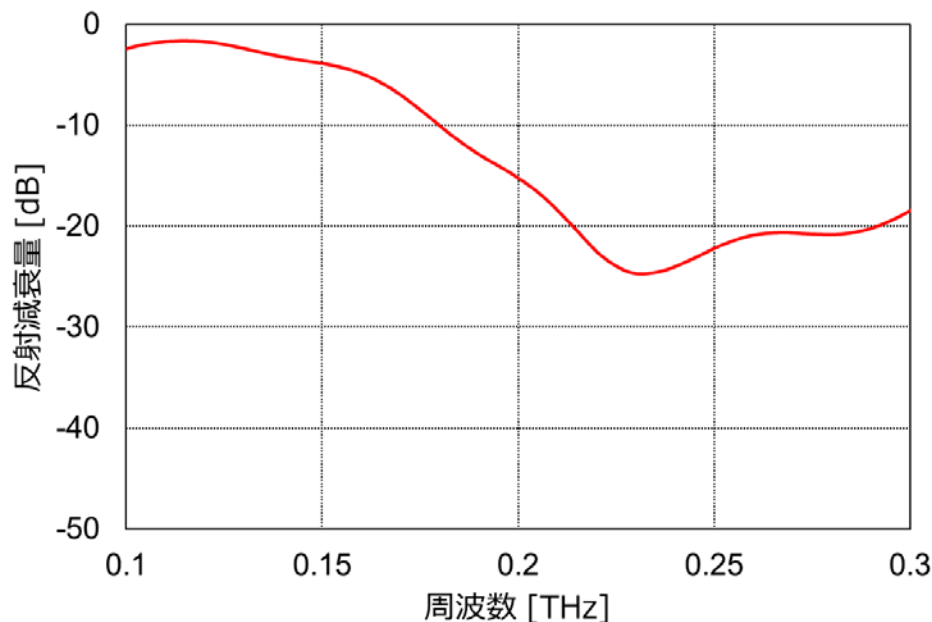
周波数レンジ:0.1~4 THz

周波数分解能:7.6 GHz

ダイナミックレンジ:> 70 dB



総厚: 約 270  $\mu\text{m}$



# λ/4型電波吸収体シート（80GHz帯）デモ

◆誘電体層の厚みをチューニングして80GHz帯に吸収ピークを付与

◆76.5GHzの車載用ミリ波レーダー  
及びその検知状態をモニタリングしている



80GHz帯の電波吸収シートをかざした際の  
電波吸収状態をデモ

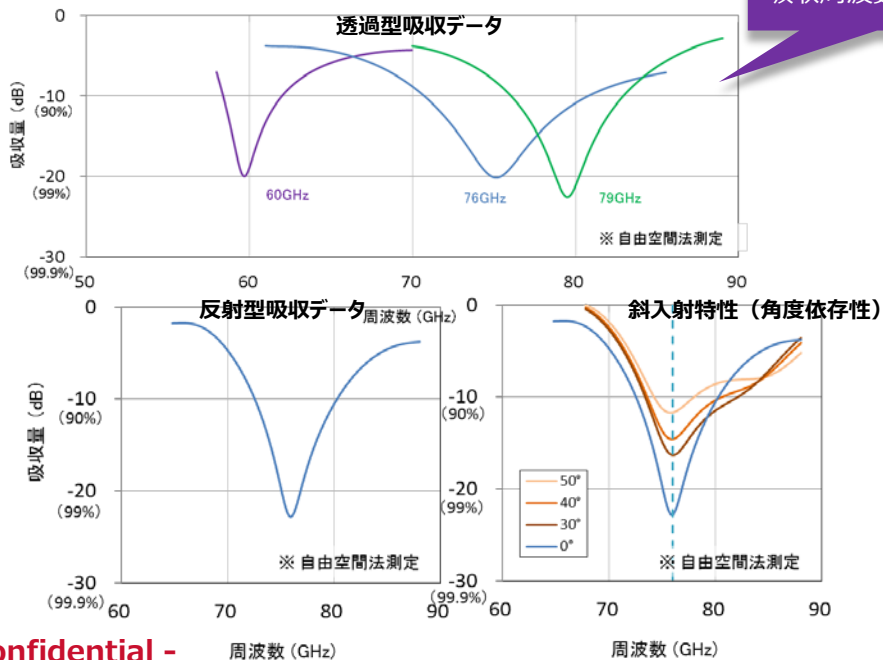


磁性材料と樹脂を混ぜ合わせたミリ波帯域で使用可能な電波吸収体である。  
今後の利用電波の高周波化に伴う、電波障害対策への有効な部材として開発を進めている。

## 特長

- 反射型・透過型の両吸収特性を有する。
- ミリ波帯域で吸収周波数をコントロールすることが可能。
- 成型体の形成も可能。

## 磁性酸化鉄シートの吸収特性

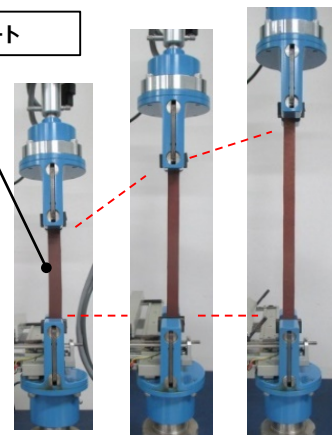


## 屈曲性



## 伸縮性

磁性酸化鉄シート



伸び

0%

100%

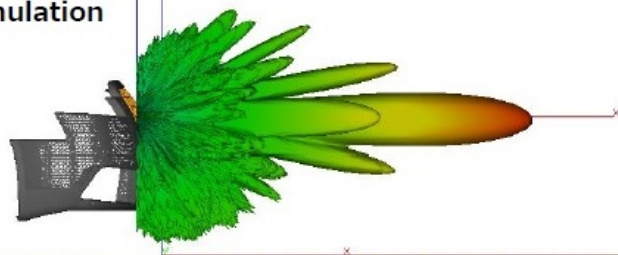
150%

# シミュレーション事例 自動車バンパー ミリ波レーダ(79GHz帯)

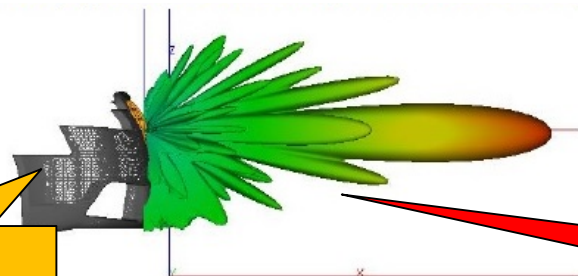
## ◆ミリ波対応電波吸収シートでシミュレーションした結果

Application of maxell Electromagnetic Wave Absorbers to bumpers and grills improves radar directivity [Simulation by software]

・Simulation



車体バンパー自体を電波吸収体で成型した場合のミリ波レーダの電波射出シミュレーション結果



自動車バンパー  
自体が電波吸収体

マルチパス干渉軽減  
指向性向上

## 弊社がご提供できる技術

1. THz帯 $\lambda/4$ 型電波吸収体シートのサンプル提供
2. THz帯 $\lambda/4$ 型電波吸収体シートの電波吸収データ

NDA等の契約以降になりますが

3. THz帯 $\lambda/4$ 型電波吸収体シートの電波吸収のパラメーターの提供（誘電率、透磁率、厚み、構成）  
～ハードメーカー様でシミュレーション環境があるのであればTHz帯電波吸収シートシミュレーションデータを提供  
～ハードメーカー様で自由にアンテナ設計開発に組み込んで頂けます。
4. ハードメーカー様からご希望の電波吸収周波数、電波吸収量のTHz帯電波吸収シートの開発設計を弊社にて行います。  
～その後、電波吸収周波数と電波吸収量のデータと共にTHz帯電波吸収シートをご提供させていただきます。

今後ともよろしくお願いいたします。

**maxell**  
Within, the Future