電磁波シールド・電波吸収体の最新評価技術

鈴木 洋 介^a

^a キーコム(株)(〒170-0005 東京都豊島区南大塚 3-39-14)

Electromagnetic Wave Shielding Rate, Absorption Rate Measurement Technology

Hirosuke SUZUKI^a

^a Keycom Corporation (3-39-14, Minamitsuka, Toshima-ku, Tokyo 170-0005)

Keywords : Shielding Rate, Absorption Rate, Measurement, Free Space, Coaxial

1. はじめに

自動車は省エネルギー化のために軽量化と電動化が進んでいる。このため、ボディーのプラスチック化と電気自動車化が行われているが、特に電気自動車から発生する電磁ノイズに対する対策が重要になってきた。例えばモーター用のインバータで制御した400V程度の電圧を用い、ここから発生するノイズの周波数は20MHzから400MHz位である。また、従来から発生しているノイズを防止するために、プラスチックに金属チップを混入してシールド効果を高める必要がある。なお、各種ケーブルのシールド効果を高めることも重要である。これでも不十分な場合は、電波吸収材を配置することも

ある。このようなことから、

- ・材料のシールド効果測定法
- ・ケーブルのシールド効果測定法
- ・電波吸収材料の測定法

について述べる。

2. 材料のシールド効果測定法

電波のシールド性を必要とする材料の例を図1に示した。また、シールド効果測定法には、図2に示すように、主にフリースペース法、同軸管法、および導波管法があるが、フリースペース法はシステムが大掛かりになるので、ここでは同軸管法と導波管法について述べる。

シールドシート

シールドボックス

シールドルーム

図1 電波のシールド性を必要とする材料例

図2 シールド効果測定法の種類

2. 1 同軸管法

構成を図3に示すが、ASTM D4935（または旧タイプ ASTM ES7）に準拠しており、シールド効果を平面波で精度よく測定するためのものである。

なお、次に示す特徴がある。

- ・100 dB 以上のダイナミックレンジ(使用ネットワークアナライザによる)がある
- ・電界および磁界を含む電磁波としてのシールド効果が求まる
- ・このキットは同軸管用であり、測定したい周波数により、152D、39D および GPC7 が選べる
- ・データを CSV 形式でファイルし、これを用いてグラフを再現できる

なお、測定できる周波数範囲を表1に示す。

ここで、ボディー材料をプラスチックにした時などの特性は発生ノイズの周波数から、152D タイプの治具を用いるのが一般的である。

また、500 MHz から 18 GHz における測定結果の1例を図4に示す。Reference はシステムの回路を直結した場合で、シールド効果が無い場合を示している。なお、一般的にシールド効果があると言えるのは、-30 dB 以下である。

2. 2 導波管法

導波管法は通常、同軸管では測定しにくい高周波で使う。

そのため、10 GHz 以上がよい。しかし、同軸管に比べ、中心導体無くシンプルなこと、同軸管よりも開口面積を広くとることができるため、同軸管タイプよりも測定精度はよくなる。

測定周波数範囲は1 GHz から 90 GHz で、試料のシールド効果を1~40 GHz でダイナミックレンジ 100 dB、40~90 GHz でダイナミックレンジ 70 dB の広いレンジで測定ができる。なお、構成を図5に示す。

また、測定結果の1例を図6に示す。

3. ケーブル用シールド効果測定法

MIL-C-85485A に準拠する標準的な測定法で、同軸ケーブル・多心(芯)ケーブルの評価に有用である。構成を図7に示す。

また、ケーブルのシールド性能がよくても、コネクタ部からの漏洩でシールド性能を低下させる場合が多い。そこで、コネクタ部を含んでシールド特性を測定する治具を図8に紹介する。

シールド効果の測定例を図9に示すが、ケーブルの場合、ケーブルを伝送する電力量に対する漏れ量をシールド効果として示すとともに、表面伝達インピーダンスで示す場合も多い。これはシールド材に導体抵抗があると、ケーブルの内側のシールドの長さ方向に電位が発生してしまう。これがケーブルの外側に現れて電波として放射してしまう。この導体抵

図3 同軸管タイプシールド効果測定の構成

表1 測定できる周波数の範囲

152D タイプ	12 M ~ 800 MHz (方式: ASTM ES7)
39D タイプ	45 M ~ 3 GHz (方式: ASTM D4935)
GPC7 タイプ	500 M ~ 18 GHz (方式: ASTM D4935, ASTM ES7)

図4 同軸管法によるシールド効果の測定例

図5 同軸管タイプの構成

3.95-5.85GHzの周波数特性

図6 導波管法によるシールド効果の測定例

図7 ケーブル用シールド効果測定構成

図8 コネクタ付ケーブルの測定治具

画面例

シールド効果

表面伝達
インピーダンス

図9 ケーブルのシールド効果測定例

抗に起因する表示を表面伝達インピーダンスといい、式(1)のように表す。

$$Z_t = \frac{Z_0}{Z} \times \left(\frac{10^{-S}}{200} \right) \times 10^3 [\text{m}\Omega/\text{m}] \dots\dots\dots (1)$$

Z_t : 表面伝達インピーダンス [mΩ/m]

Z_0 : ケーブルの特性インピーダンス [Ω]

S: シールド効果 [dB]

4. 電波吸収材料の測定法

電波の吸収を必要とする材料の例を図10に示した。

電波吸収材料を開発するにあたって、まずシミュレーションをし、次に50g程度サンプルを作って評価をし、その後大きなサンプルを作る。なお、ここでは主に大きなサンプルの測定法について述べる。

図11に単層タイプのシミュレーションを行う画面の一例を示した。なお、シミュレーションの手順であるが、まず、比誘電率、 ϵ'' 、比透磁率、 μ'' 、試料厚および周波数のうち、最適化させたい2変数を選び、計算させる。すると、画面のように、反射減衰量の分布が現れる。このように、各種組み

電波吸収シート

ノイズサプレッションシート

電波吸収ボックス

電波吸収箱

図10 電波の吸収を必要とする材料例

図11 電波吸収シートのシミュレーション画面の一例

合わせを数回繰り返すことにより、最適比誘電率と比透磁率、または試料厚さを求めることができる。

4.1 レンズアンテナ方式 斜入射タイプ 電波吸収体 反射減衰量測定システム[†]

本システムを図12に示すが、フリースペースタイプなので、同軸管タイプや導波管タイプと違い、フィクスチャ内にサンプルを入れないため、エア・ギャップによるエラーが発生しない。また、アンテナにレンズを取り付けているので、コン

[†] 2.6 ~ 26.5 GHz 対応 / 18 ~ 325 GHz 対応、対応規格: JIS R1679:2007 / IEC 62341:2008

パクトでありながらサンプルを平面波で測定できる。なお、アンテナ近傍にサンプルをセットできるので、サンプルを小さくできるなどの特長がある。また、本システムは次の理由で、測定精度も高い。

- ・平面波であり、試料面の位相があっている
- ・平行ビームなので、不要の電波がレンズに入射しない
- ・暗室は必要ない

なお、本システムの用途は、メタマテリアル測定等にも有用である。詳細な原理や特長について次の論文を参照されたい¹⁾。

また、仕様の一例を図 13 に、測定データの一例を図 14 に示した。

4. 2 レンズフォーカスタイプ 反射減衰量測定システム

ミリ波をレンズで絞って試料に照射し、その反射量を高精度に測定するタイプであり、構成を図 15 に示すが、電波吸収シートの面状の反射減衰量分布を測定するときなどに用いる。なお、反射波が送信部に戻る量を測定する S11 タイプと、斜め入射し他端に出射する S21 タイプの 2 つを選択できる。また、ミリ波を絞る最少直径(スポット径)は、波長の 2 倍程度である。

本システムの測定精度は高いが、その理由は、ホーンアンテナとレンズの間が自由空間なので、不要反射が発生しないため、位相の乱れが発生しないからである。また、ホーンアンテナの位置を前後に動かすことにより、スポット径を変えることができる。なお、測定環境として暗室は不要である。

4. 3 近傍界用ノイズ抑制シート(ノイズサプレッションシート)評価システム

ノイズ抑制シートの評価方法について、日本は 2003 年、IEC に規格化を提案し、2006 年 5 月に制定された。なお、IEC 規格番号は、IEC62333-1、IEC62333-2 である。携帯電話内などの発振防止や EMI 対策に用いる電波吸収材料の評価に用いる。

狭いケースの中などは電磁波が乱れていたり、電界と磁界が独立していたりするが、このような状況の中での電波吸収材料は、近傍界での電波吸収率が大きく、しかも回路のインピーダンスを乱さないことが要求される。

ループアンテナを用いる方法

イントラ・デカップリングレシオ測定システム

インター・デカップリングレシオ測定システム

マイクロストリップラインを用いる方法

図 16 ノイズサプレッションシート評価システム

これらの特性を評価するのに、ループアンテナを用いる方法と、マイクロストリップラインを用いる方法がある。なお、これらの構成を図 16 に示すが、ループアンテナは磁界の漏れを測定するのに用い、マイクロストリップラインは電解の漏れを測定するのに用いる。

5. ま と め

自動車が軽量化および電動化してきて、材料のシールド効果、ケーブルのシールド効果および電波吸収特性の測定が重要になってきた。測定にあたっては、どのような特性が知りたいのか、材料の形状や周波数によるとどのような測定法が適しているかを考えること、および測定結果を見て、十分な考察をすることが大切である。ここに記述したことが少しでも役立てば本望である。

(Received June 13, 2019)

参考資料

- 1) H.Suzuki, Others, "Free space measurement method with parallel electromagnetic wave beam by using dielectric lenses and horn antennas for reflectivity of electromagnetic absorbers in millimeter waves" IEICE Trans, electro., Vol. E89-C, No.1 Jan. (2006) 24-29