

ノイズ抑制シートの伝送減衰率評価用近傍界治具の温湿度条件変化に対する伝送特性

生産技術室 名和 礼成, 城之内 一茂
プロジェクト推進室 足達 幹雄

Transmission Characteristics of Near-field Jig for
Evaluating Transmission Attenuation power ratio of Noise Suppression Sheet under
Changing Temperature and Humidity Conditions

Yukinari NAWA, Mikio ADACHI and Kazushige JOUNOUCHI

EMIの対策部品の一つにノイズ抑制シート (NSS:Noise Suppression Sheets 以下NSS) があるが, IEC¹⁾ 62333に伝送減衰率の評価方法が記述されている。ここで用いられる近傍界治具はマイクロストリップライン構造をしているが, 基板構成材には誘電体を使用しており, 温度・湿度の変化により, 誘電率も変化することが知られており, 伝送減衰率測定での影響も懸念されるため, 環境試験機を使用し, 試作治具を槽内に設置し温度・湿度変化による反射・伝送特性の変化を検証した。

1. はじめに

EMIの対策部品の一つにNSSがあり, 当所に設備している「電磁波シールド・吸収材評価システム」は, NSSの評価規格であるIEC62333に準拠した伝送減衰率測定用治具を有している。この治具は(近傍界装置)はプリント基板の伝送線路の代表的構造であるマイクロストリップラインを模しているが, 基板構成材には誘電体を使用しており, 温度・湿度の変化により, 誘電率も変化することが知られている。昨今のIoT時代においては, 電子回路が温湿度変化の激しい屋外環境で使用されることも多く考えられるため, NSS評価においても, 治具の温湿度変化による特性変化を検証する必要があることが重要であると考えられる。そこで環境試験機等を使用し, 治具を槽内に設置し温度・湿度による変化による反射・伝送特性の変化を検証した。

2. 実験

2.1 評価基板の設計

伝送減衰率評価用治具として, IEC62333では図1のような縦50mm, 横100mm, 厚さ1.6mmのPTFE基板の中心に長さ50mmのマイクロストリップライン構造を形成することとなっている。PTFEは比誘電率(≒2.2~2.6)での基板において, 線幅が4.4mmであるのは特性インピーダンスを50Ωとしているからである。なお, PTFEよりも一般に電子機器に使用されているFR4基板についても同様な評価治具の製作

を試みる。50Ωを設計値とした場合, 線幅は2.93mmと計算できる。他はIEC規格と同様な寸法とする。

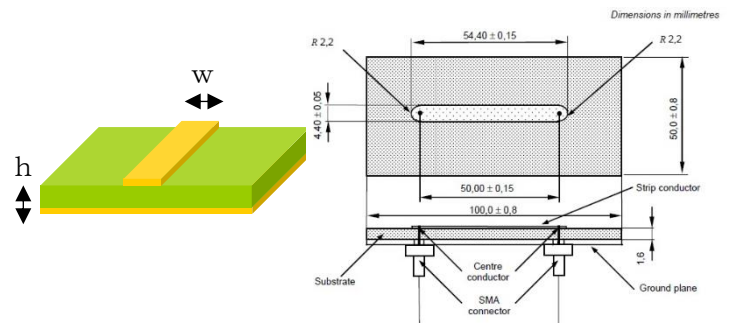


図1 伝送減衰率測定用治具

2.2 評価基板の試作

試作で採用した基板材料及びコネクタの詳細仕様は下記のとおりである。

■PTFE基板

材料: 中興化成工業製 CGP-500 板厚1.6mm (銅箔厚含む) 銅箔厚18um 誘電率2.6@12GHz

■FR-4基板

材料: Panasonic製 R-1755C 板厚1.6mm (銅箔厚含む) 銅箔厚18um 誘電率4.4@1GHz

■SMAコネクタ (Molex 73251-1352)

基板のグランド面から, SMAコネクタを線路両端に接続し, ケーブルを介してネットワークアナライザ (Vector Network Analyzer:以下VNA) により, Sパラメータ測定を行うのだが, SMAコネクタは, 基板を貫通し固定する足つきタイプは電気的特性へ

の影響を考慮し、表面実装タイプの上記製品を選択し、接合した。

次に設備利用で用いている純正品 (Keycom TF-6C) との比較を行うため、VNAでSパラメータ測定を行った。



図2 SMAコネクタ



図3 上TF-6C, 中PTFE基板, 下FR4基板

その結果を図4から図6に示す。上段が反射特性を示すS11, 下段が伝送特性を示すS21となる。

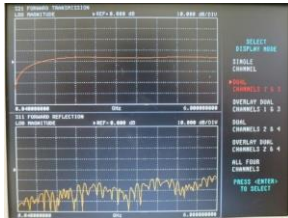


図4 純正品 (TF-6C)

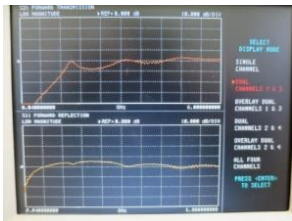


図5 試作 (PTFE)

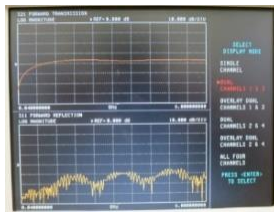


図6 試作 (FR4)

これによると、純正品と同じ構成材の試作PTFE基板の方が、試作FR4基板よりも同じような特性を示すはずだが、S21が大きいため半田付けに問題があると考え、X線CTにて透過像を撮った。

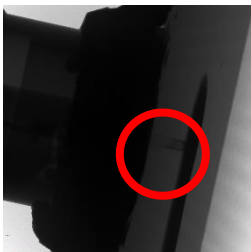


図7 試作 (PTFE)

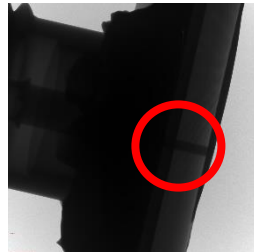


図8 試作 (FR4)

図7の試作PTFE基板は、図8の試作FR4基板に比べ、表面からランド面のスルーホール内の半田充填が十分ではないことがわかる。このため接合方法の検討を行い、試行錯誤の結果、ヒートガンによる

半田溶着で導通をとることとした。ただしこの方法においても、せん断方向の応力には脆弱であるため、以後の測定においてもケーブルの取回しには細心の注意を払う必要があった。

表1 使用機器

機器名	製造者	型番
VNA	Anritsu	37247C
高精細X線CT装置	ヤマト科学	TDM-1000H-2

2. 3 含水率と乾燥質量の測定

次にコネクタ未接合の予備のPTFE, FR4の基板を、IEC61189-2 2N02の方法を用いて、含水率の評価を行った。蒸留水に24時間漬けこみ、十分水分を含浸させた状態で飽和質量の確認を行い、次に乾燥器により約110℃の雰囲気さらしつつ、適時基板の質量を測定し、十分乾燥するまでの必要時間を検証した。



図9 含水状態



図10 乾燥実験

表2 使用機器

機器名	製造者	型番
乾燥器	yamato	Fineoven DH42
精密天秤	Mettler	AE240

2. 4 評価治具のSパラメータ測定

この乾燥状態から、環境試験機にかけ徐々に温度・湿度を上げていき、その時の温度・湿度の雰囲気十分にじんだ状態での反射・伝送特性を取得した。環境試験機の温湿度設定可能範囲内で、飽和水蒸気圧に対して昇順となるように温度・湿度を条件設定し、1時間晒し次の設定値へ移行する直前にデータを取得した。温湿度の条件設定は、64通りに及ぶため、通しての実験は、ExcelVBAでVNAを制御することでデータの取得を行った。

表3 使用機器

機器名	製造者	型番
小型環境試験機	Espec	SH-642
VNA	Keysight	E5071C

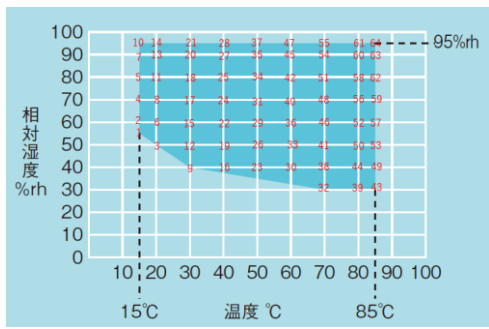


図11 SH-642での温湿度設定順序

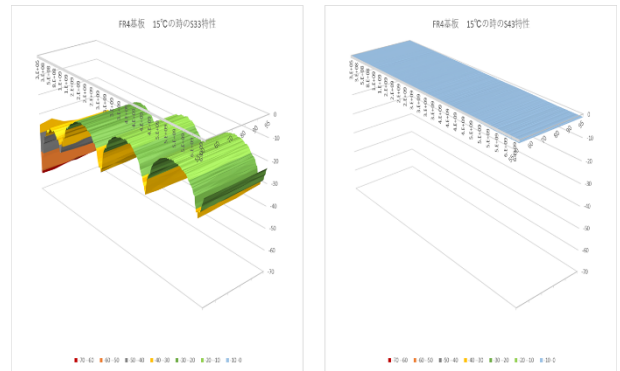


図15 FR4基板 (15°C)



名称	ファイル名	機種	サイズ
PTFE基板 15°CのS11特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 15°CのS21特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 15°CのS33特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 15°CのS43特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 30°CのS11特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 30°CのS21特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 30°CのS33特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 30°CのS43特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 40°CのS11特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 40°CのS21特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 40°CのS33特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 40°CのS43特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 50°CのS11特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 50°CのS21特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 50°CのS33特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 50°CのS43特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 60°CのS11特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 60°CのS21特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 60°CのS33特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 60°CのS43特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 70°CのS11特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 70°CのS21特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 70°CのS33特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 70°CのS43特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 80°CのS11特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
PTFE基板 80°CのS21特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 80°CのS33特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB
FR4基板 80°CのS43特性	20191121_1515_MWdata	NA	50.0KB

図12 実験風景 図13 取得データファイル

3. 結果及び考察

今回は、4ポートVNA (E5071C) を使用したので、PTFE基板の反射及び伝送特性を(S11, S21)FR4基板の反射及び伝送特性を(S33, S43)に割当て同時に測定を行った。その結果のまとめを図14から図19に示す。横軸が周波数、縦軸が強度、奥行軸が湿度を示している。図18と図19については、湿度50%としたときの図であり、横軸が周波数、縦軸が強度、奥行軸が温度である。なお周波数範囲は30MHzから6GHz、強度は-70dBから0dB、なお実験では15°Cから85°Cまでの間 (20°C, 30°C, 40°C, 50°C, 60°C, 70°C, 80°C) も行っているが、変化は微小であるため両端の15°Cと85°Cの時のみ図示する。

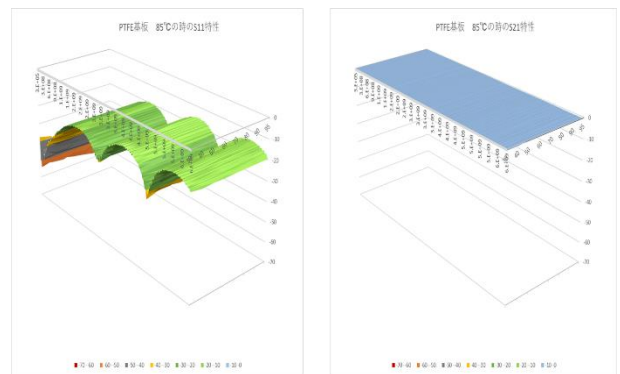


図16 PTFE基板 (85°C)

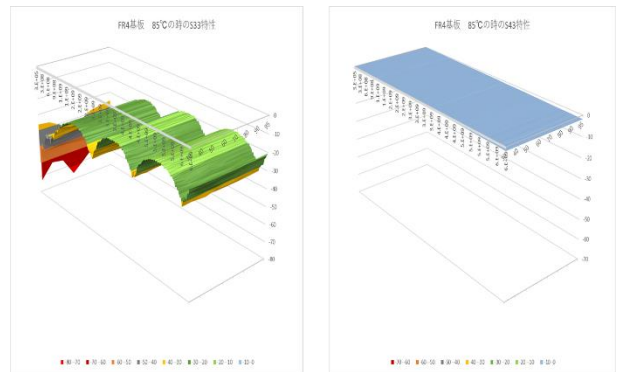


図17 FR4基板 (85°C)

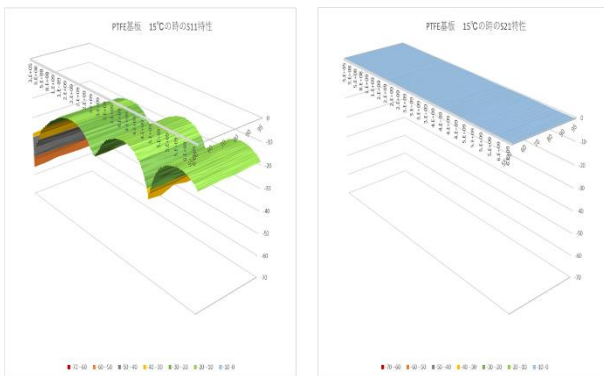


図14 PTFE基板 (15°C)

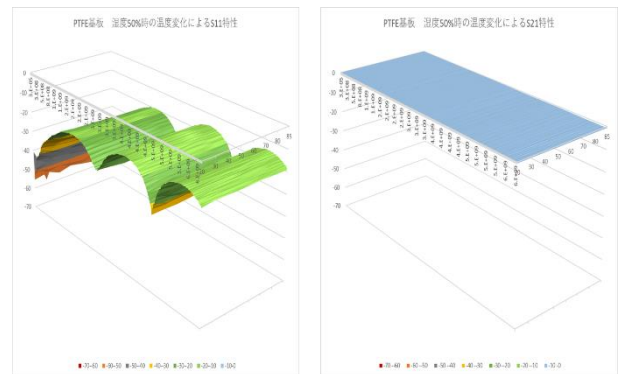


図18 PTFE基板 (50%RH)

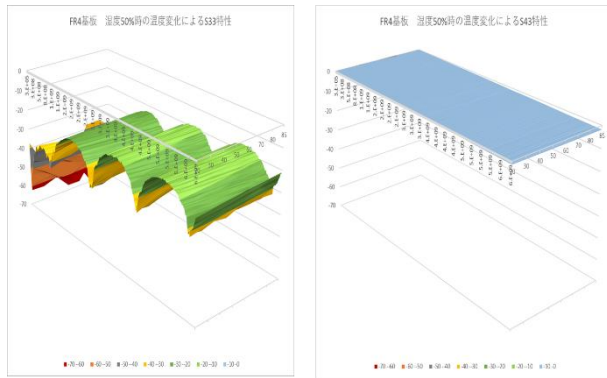


図19 FR4基板 (50%RH)

低温から高温，低湿から高湿度まで64通りの条件で行った。特に湿度については含水することにより，水の高い誘電率の影響が効いてくると思われるが，結果を見る限りは，顕著な相違があるわけではないようだ。ただPTFEの方が含水しにくい分，変化はより小さい。むしろケーブルから受けるSMAコネクタの応力（特にせん断方向）によるSパラメータへの影響が大きかったので，実験では細心の注意が必要であった。

4. まとめ

ノイズ抑制シート評価用治具の構成材としてPTFEとFR4を選定し，評価用治具の設計・試作を行った。これらと純正品治具（PTFE）との比較を行い試作品の妥当性を評価した上で，環境試験で温度・湿度変化による反射特性や伝送特性の評価を行ったところ変化は，予想よりもはるかに微小であった。つまり温湿度による誘電率の変化によるNSS評価への影響は微小であることがわかった。

NSSの実測時における反射・伝送特性の変化は，評価対象のNSSによるものであり，治具の影響はほぼ無視できると推察される。これらの研究・実験を通して，「電磁波シールド・吸収材評価システム」を利用するノイズ抑制シート開発企業に対し，測定においては温湿度管理にも増して，治具と測定器を接続するコネクタからケーブルへの配慮により，測定結果の信頼性向上に資することができると思う。

IEC¹⁾ 国際電気標準会議，IEC (International Electrotechnical Commission) とは，電気・電子技術に関する規格を策定する国際的な標準化団体。1906年に設立され，約80カ国が参加している。本部はスイス・ジュネーブ。各国の工業規格の標準化機関などが参加しており，日本からは日本工業標準調査会 (JISC) が参加している。電気工学や電子工学，およびその応用分野，関連産業分野を対象に国際標準を定めている。

参考文献

- 1) IEC62333-2 First edition : 2006-05 一般財団法人日本規格協会
- 2) IEC61189-2 2N02 一般財団法人日本規格協会
- 3) Brian C. Wadell Transmission Line Design Handbook, p93-94
- 4) I-Laboratory<RF&Microwave Design Tool Library> http://www17.plala.or.jp/i-lab/tool/ms_line.htm
- 5) 大気中の水蒸気についてのいろいろな計算 http://atmos.miyakyo-u.ac.jp/water/water_vapor.html