

誘電体の GHz 帯測定について

○石松 賢治・宮川隆二* (熊本県産業技術センター)

1 はじめに

大容量かつ高速のデータ転送の需要の高まりから、通信機器のインタフェースは、図 1 に示すように高速化されてきている。パソコンや組み込み機器では、これまで PCI バスが広く使われ、その伝送周波数は 33MHz であった。近年、PCI バスに替わり高速シリアル・インタフェース (PCI-Express) が採用され、1.25GHz と飛躍的に高い周波数の信号を伝送しなければならなくなった¹⁾。

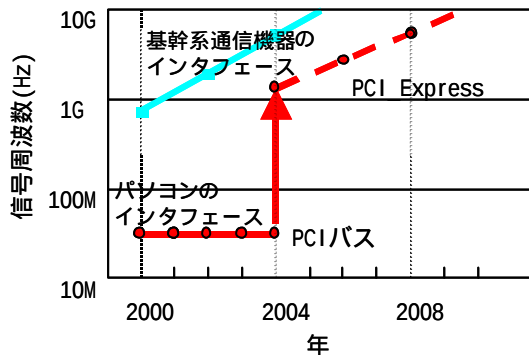


図1 機器のインタフェース速度

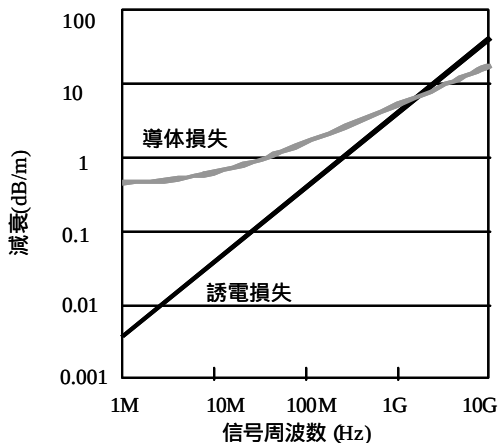


図2 高周波での誘電損、導体損の影響

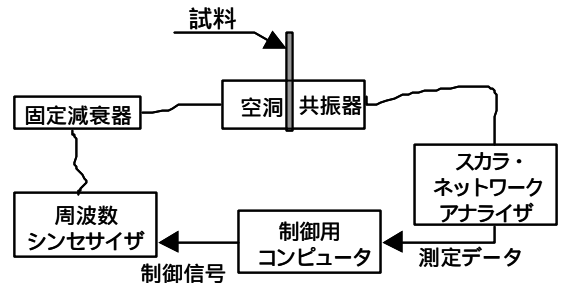
図 2 に高速基板上での減衰と誘電損失、導体損失による信号減衰を示す。信号周波数が 1GHz を超えるインタフェースを実装するに当たっては、従来の導体損失に加えて、誘電損失が大きな影響を与えてくる²⁾。そのため、誘電損失の小さい、誘電正接 ($\tan \delta$) の小さい基板材料の開発が盛んに行われている。

1GHz を超える周波数で、誘電損の少ない材料を測定する方法として、空洞共振器による摂動法が一般に使用

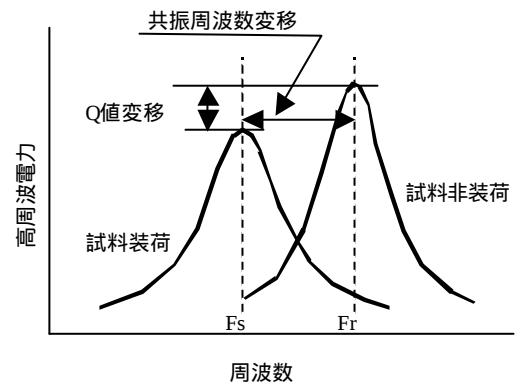
される³⁾。今回、空洞共振器を使い誘電損の小さいテフロンR材の誘電率の温度変化を測定した。共振法では、正確な測定をするために、固定減衰器が重要な役割をしていることが分かった。また、温度変化測定では、空洞共振器に1時間以上の予熱しないと正確な測定ができないことが分かったので報告する。

2. 空洞共振器による摂動法

図 3 に空洞共振器による摂動法の測定ブロック図と高周波電力の周波数特性を示す。



(a) 測定ブロック図



(b) 周波数特性

図3 空洞共振器による摂動法

周波数シンセサイザから出力した信号は、空洞共振器に入射される。その透過波は、ネットワークアナライザで受信される。空洞共振器に試料を装荷すると、共振周波数とQ値が変移する。誘電率、誘電正接は、共振周波数変移、Q値変移から得られる³⁾。

3. 実験方法

テフロンRの温度変化による誘電率を測定するために、

* 現在 (株) メディカル・アプライアンスに所属

温度補償したケーブルと標準ケーブルを使った比較測定を行った。次に、適切な余熱時間を得るために、熱時間を温度を50 から80 に変えた場合の共振周波数とQ 値の時間変化を測定した。

測定試料は、直径0.82mm、長さ80mmの円柱形状のテフロン材を使用した。空洞共振器は、関東電子応用開発社の製品を使用した。今回の測定では、1、5、10GHz の3つの周波数での誘電率の測定を行うため、3個の空洞共振器を使った。周波数シンセサイザとスカラーネットワークアナライザは、アジレントテクノロジー社ベクトルネットワークアナライザ 8720を使用した。

4．実験結果

図4に測定ケーブルを変えた場合の誘電率と $\tan \delta$ の測定結果を示す。は温度補償ケーブル、は標準ケーブルを使って測定した場合である。誘電率は測定ケーブルを変えてもほぼ同じ値であるが、誘電正接($\tan \delta$)は1GHzにおいて大きく違っている。

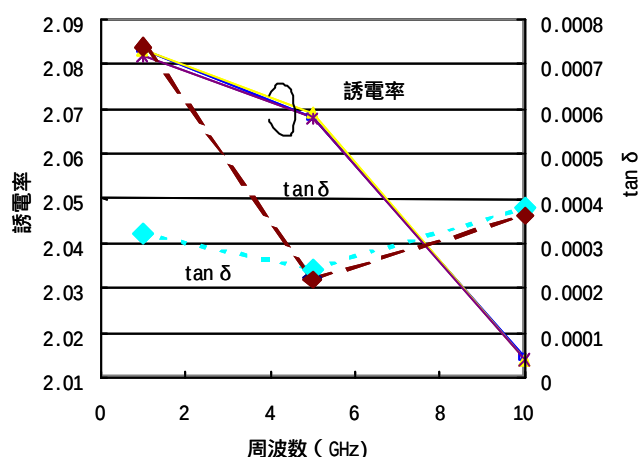


図4 測定ケーブルの違いによる誘電率と $\tan \delta$ 測定結果

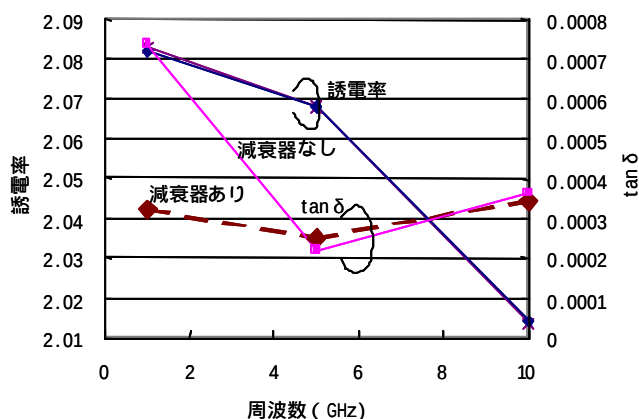


図5 減衰器を挿入した誘電率測定結果

そこで、温度補償ケーブルと共振器の間に、固定減衰器(10dB)を挿入した。その測定結果を図5に示す。固定減衰器を挿入すると、誘電正接は標準ケーブルを使った

場合とほぼ同じ値になった。これは、固定減衰器を挿入することで、ケーブルと共振器の接続部で反射する反射波が減少し、周波数シンセサイザが確実に動作したためと思われる。

図6に空洞共振器の周辺温度を30 から50 に変えてその共振周波数とQ 値の時間変化を示す。温度が上昇すると空洞共振器の共振周波数、Q 値共に減少し、60分を過ぎると共振周波数、Q 値共に安定する。温度変化による誘電率測定をする場合、安定した測定をするには、60分以上の予熱時間が必要である。

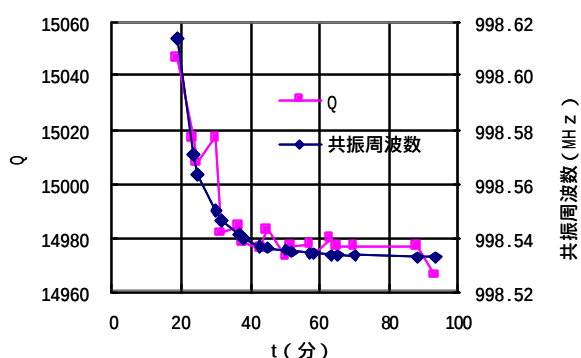


図6 温度可変後の共振周波数とQ値の時間変化

温度50、80における共振周波数は、998.53MHz、997.58MHzであった。これから、共振周波数の温度による変動率は、 16.9×10^{-6} であった。これは、空洞共振器の材料である銅の熱膨張率 16.5×10^{-6} とほぼ等しい。共振周波数の減少は、空洞共振器の熱膨張のためと考えられる。

5．まとめ

空洞共振器を使った共振法による誘電率測定では、反射波の影響を減らすため、固定減衰器の挿入が必要である。

温度変化を測定する際には、60分以上の予熱時間が必要である。

温度が上昇すると、空洞共振器の共振周波数が低くなる。共振器が熱膨張したためと思われる。

文 献

- 1) "ポート設計にダウンサイジングの波", 日経エレクトロニクス, No.901, p89-113, 2005
- 2) "ボード上のGHz動作", 日経エレクトロニクス, No.812, p107-113, 2002
- 3) "高周波でのアルミナ基板の比誘電率及び誘電正接測定法技術解説書", 日本電子材料工業会昨日回路素子部会技術委員会, EMAJ-R014, p5-8, 1998