

プリント回路上における伝送線路の高周波特性

埼玉県産業技術総合センター
電子情報技術部 井沢昌行

1. はじめに

情報通信技術の発展にともない、CPUやデータバス的高速化・低電圧化がすすみ、デジタル信号がノイズの影響を受けやすくなってきている。コンピュータ等の電子回路はプリント基板上に作成され、多くの信号線(伝送線路)が並んでいる。隣接した信号線上のデジタル信号は互いに影響を与えて、本来のデジタル信号の波形を乱し動作を阻害するクロストークノイズが問題となってきている。また、電気製品から放射される不要な電磁ノイズを低く抑えることが、製品開発において必要不可欠となっている。

この研究では、以下の2点について実験を行い、影響を調べた。

- ・プリント基板上の平行伝送線路間隔および長さによるクロストークへの影響。
- ・プリント基板材質の違いによる放射ノイズへの影響。

2. 基板の仕様

実験に使用した基板の仕様を表1に示す。

表1 基板仕様(カタログ値)

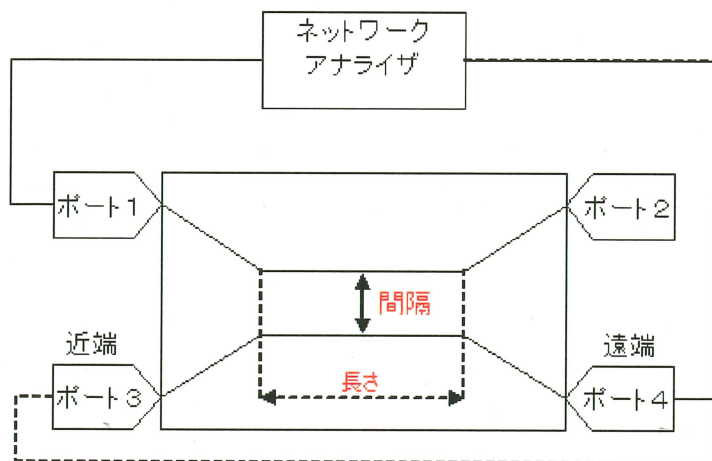
	ガラスエポキシ基板	フッ素樹脂基板
比誘電率	4.7 @ 1MHz	2.26 @ 1MHz (2.56 @ 10GHz)
誘電正接	0.015 @ 1MHz	0.0005 @ 1MHz (0.0016 @ 10GHz)
銅箔厚	18 μ m(内層ケラント [*] 35 μ m)	18 μ m(ケラント [*] 18 μ m)
基板厚み	0.2 mm	0.8 mm

3. クロストーク

クロストークはわずかに電磁、静電結合した伝送線間において、駆動ラインの電圧、電流変化による電磁、静電誘導により発生する。クロストークは送信側で観測される近端(バックワード)クロストークと受信側で観測される遠端(フォワード)クロストークがある¹⁾。

3.1 測定方法

今回は、ネットワークアナライザを使用して測定を行った。図1に測定図を示す。各測定結果の入出力比はポート1の入力に対する各測定ポートの出力の比である。



使用機器

ネットワークアナライザ : 8753ES
アジレント・テクノロジー株

測定対象ポート
以外は終端する。

図1 クロストーク測定図

3.2 伝送線路の間隔によるクロストークの変化

実験に使用したテスト基板は以下のとおり。

- ・ 伝送線路はマイクロストリップライン(以下、MSLとする。)とした。
- ・ MSL幅は、ガラスエポキシ基板が0.35mm、フッ素樹脂基板が2.2mm。
- ・ 伝送線路の長さ(平行部分): 100mm固定。
- ・ 伝送線路の間隔(平行部分): 0.1mm, 0.12mm, 0.15mm, 0.2mm, 0.3mm の5種類。

測定結果を図2に示す。

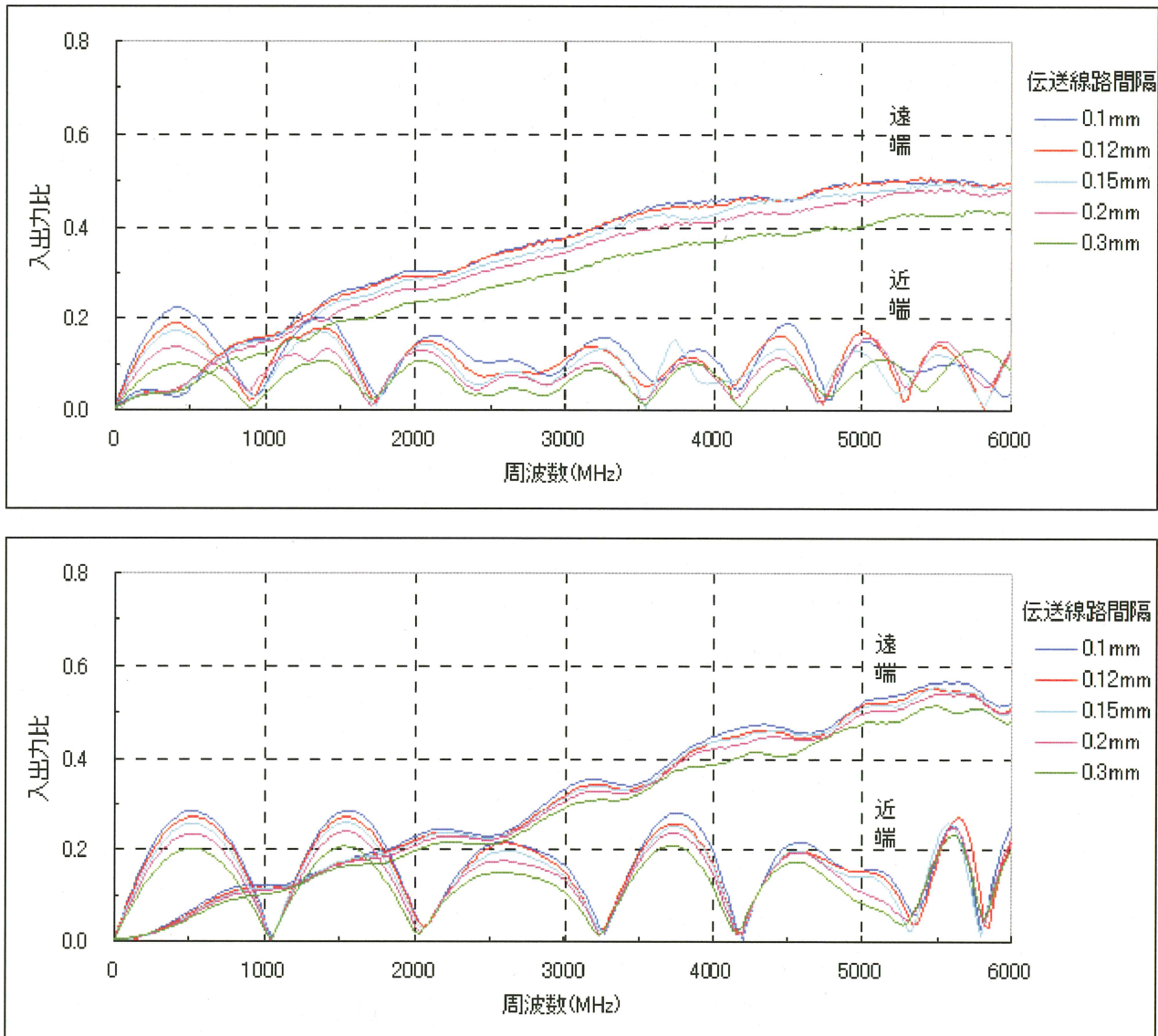


図2 伝送線路の間隔違い(上段:ガラスエポキシ基板 下段:フッ素樹脂基板)

3.3 伝送線路の長さによるクロストーク量の変化

実験に使用したテスト基板は以下のとおり。

- ・ 伝送線路はマイクロストリップライン(以下、MSLとする。)とした。
- ・ MSL幅は、ガラスエポキシ基板が0.35mm、フッ素樹脂基板が2.2mm。
- ・ 伝送線路の間隔(平行部分): 0.15mm固定。
- ・ 伝送線路の長さ(平行部分): 100mm, 125mm, 150mm の3種類。

測定結果を図3に示す。

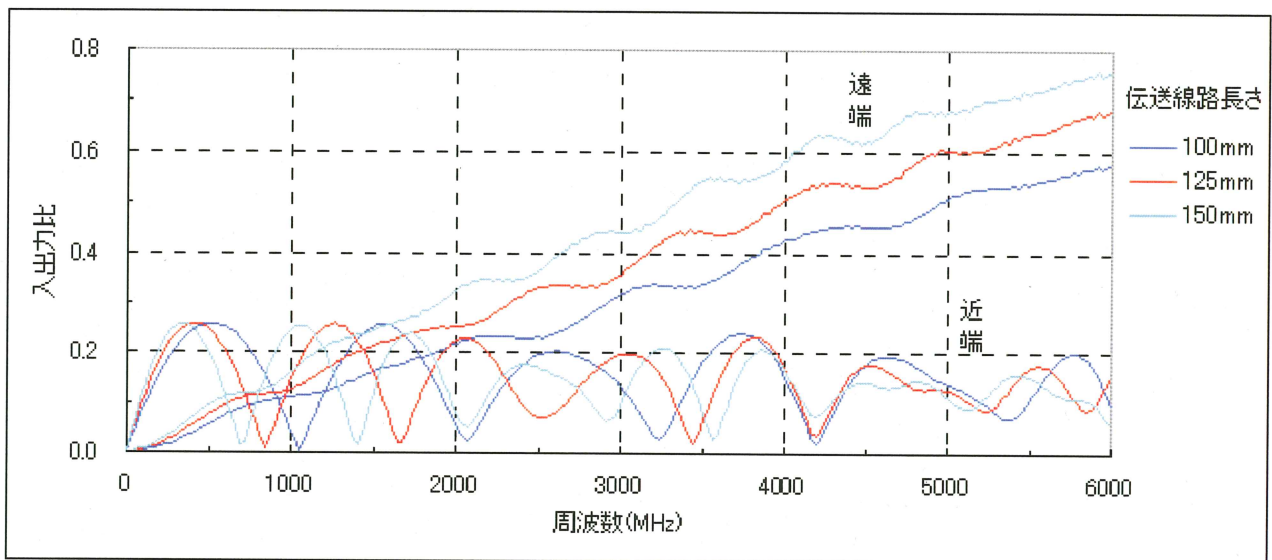
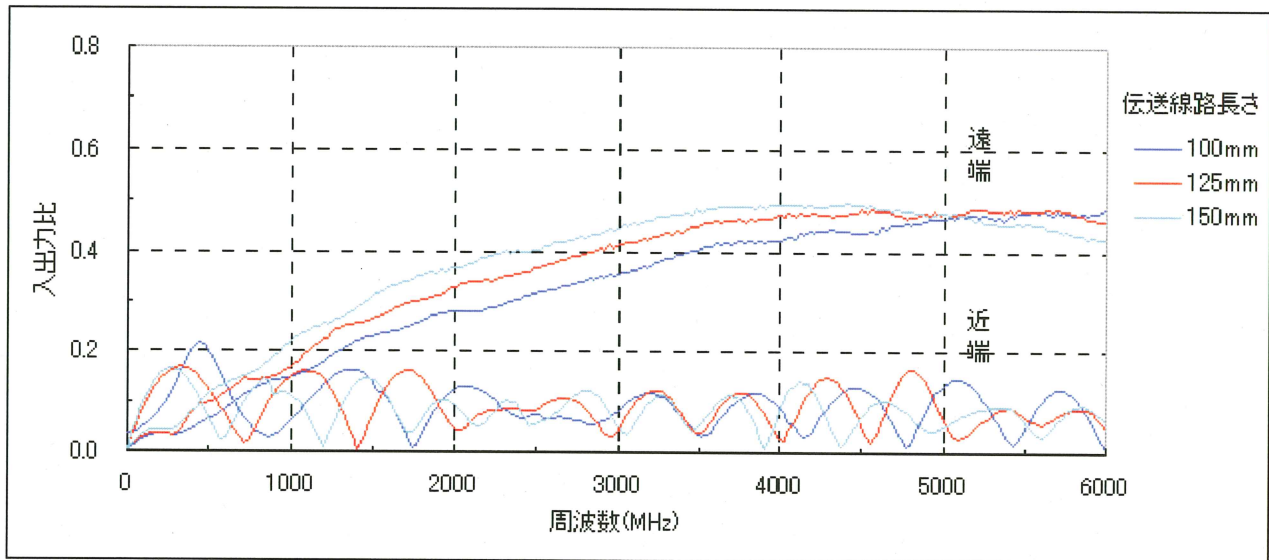


図3 伝送線路の長さ違い（上段：ガラスエポキシ基板 下段：フッ素樹脂基板）

3.4 まとめ

以上までの測定結果をまとめると次のようになる。

- (1) 近端クロストーク
 - ・ 伝送線路の間隔が広がれば小さくなる（図2）。
 - ・ 伝送線路の長さに関係ない（図3）。
 - ・ 周波数には関係ない（図2, 図3）。
- (2) 遠端クロストーク
 - ・ 伝送線路の間隔が広がれば小さくなる（図2）。
 - ・ 伝送線路の長さが長くなると大きくなる（図3）。
 - ・ 周波数が高くなると大きくなる（図2, 図3）。

よって、クロストークを改善するには、伝送線路の間隔を広く、短くすることが必要となる。

4. 放射ノイズ測定

高速回路用プリント基板は、低誘電率、低誘電正接化が望ましいといわれており、放射ノイズ対策上では高誘電率、高誘電正接化が望ましいとされている²⁾。

4.1 テスト基板

実験に使用したテスト基板は以下のとおり。

ガラスエポキシ基板：MSL(幅:0.35mm)のみ

ガラスエポキシ基板：MSL(幅:0.35mm)の周囲にベタアース。
MSLとベタアースの間隔はMSL幅の3倍。

フッ素樹脂基板：MSL(幅:2.2mm)のみ。

4.2 近傍放射電磁界測定

電磁波妨害源探査装置にて基板近傍の放射電磁界測定を行った。

使用機器、実験条件は以下のとおり。

使用機器

電磁波妨害源探査装置：ESV-3000 (株)ノイズ研究所

測定プローブ：垂直電界プローブ、垂直磁界プローブ

高周波信号発生器：MG3642A アンリツ(株)

実験条件

高周波信号発生器出力：-20dBm

周波数：500MHz固定

テスト基板の対向コネクタ：開放、終端、短絡の3種類。

4.3 測定結果

表2.1 近傍放射電磁界測定（垂直電界）

垂直電界	ガラスエポキシ基板	ガラスエポキシ基板 ベタアース	フッ素樹脂基板
開放			
終端			
短絡			



表2.2 近傍放射電磁界測定（垂直磁界）

垂直磁界	ガラスエポキシ基板	ガラスエポキシ基板 ベタアース	フッ素樹脂基板
開放			
終端			
短絡			



表2.1、表2.2から、テスト基板の対向コネクタを終端した場合に放射電磁界が小さくなっていることが確認できる。

また、比誘電率の小さいフッ素樹脂基板が電界、磁界ともに放射レベルが大きいことがわかる。ガラスエポキシ基板は、フッ素樹脂基板に比べ比誘電率が大きく、電磁界が基板内部に集中³⁾するため、放射電磁界が小さくなったと思われる。

放射ノイズ抑制効果のあるベタアースについては、その有無による放射ノイズの差は少なかった。

4.4 3m距離による放射ノイズ測定

4.1のテスト基板を使用し、電波暗室にて放射ノイズ測定を行った。

使用機器、実験条件は以下のとおり。

使用機器

電磁波障害対策室電磁波試験測定装置（簡易3m電波暗室）

高周波信号発生器：MG3642A アンリツ(株)

実験条件

高周波信号発生器出力：-20dBm

周波数：50MHz～2GHz 50MHzステップ掃引

テスト基板の対向コネクタ：開放、終端、短絡の3種類。

テスト基板の姿勢：テーブル(80cm高さ)上に垂直に立てて設置。

測定アンテナ昇降高さ：1m～2m

4.5 3 m 距離による放射ノイズ測定結果

各個別の測定結果は別紙を参照。

3 m 距離での測定結果は、近傍放射電磁界測定の結果と同様の傾向であり、フッ素樹脂基板に比べガラスエポキシ基板の放射ノイズは小さくなった。特に、500MHz以下の周波数帯で大きな差がある。

ベタアースの放射ノイズ抑制効果については、その効果が確認できなかった。

4.6 まとめ

以上の結果から、放射ノイズの低減には伝送線路は終端し、電磁界を基板内部に集中できる比誘電率の大きなガラスエポキシ基板が有効であることがわかった。

ベタアースの放射ノイズ抑制効果については、今回の実験条件では確認できなかった。

5 参考文献

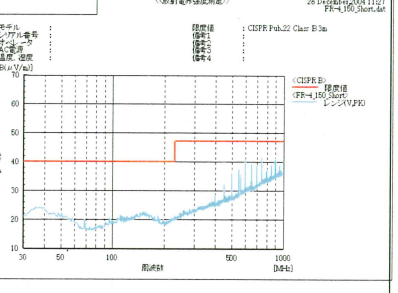
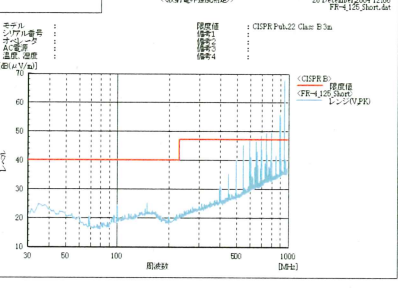
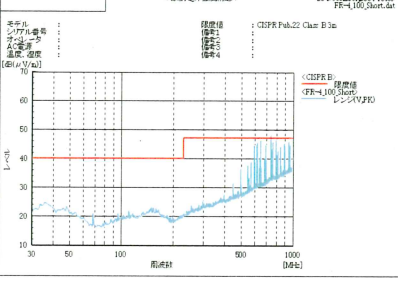
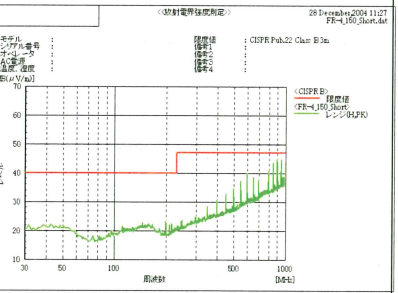
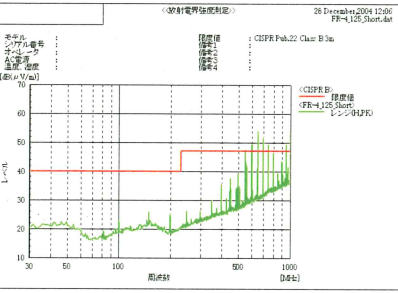
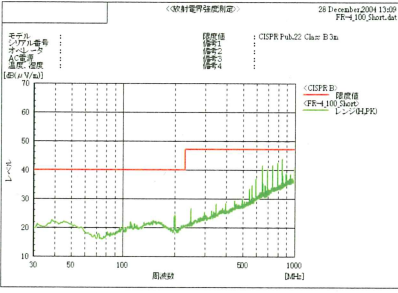
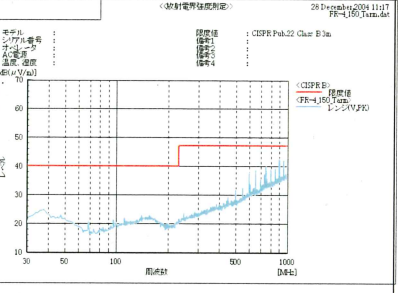
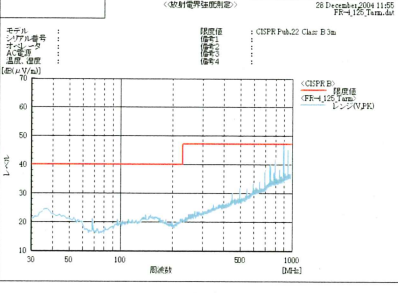
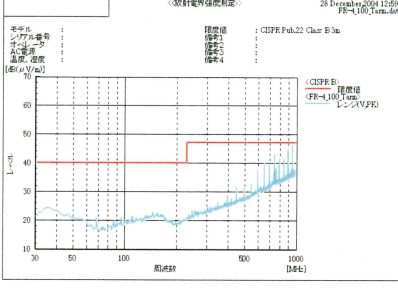
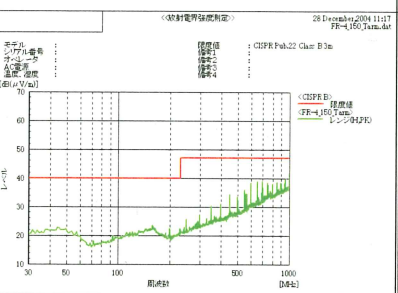
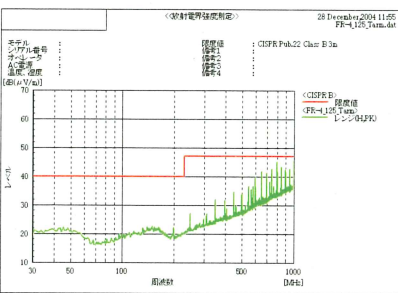
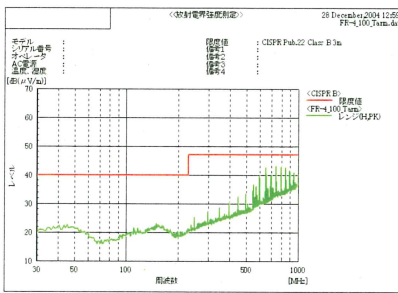
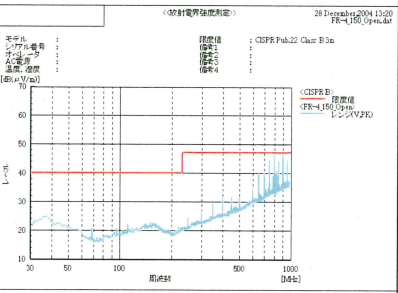
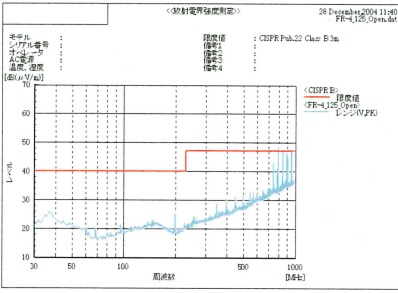
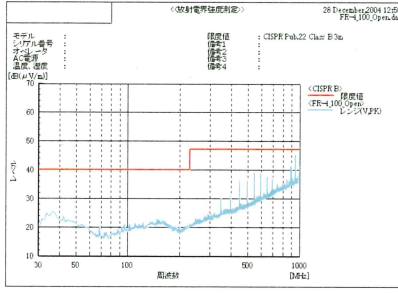
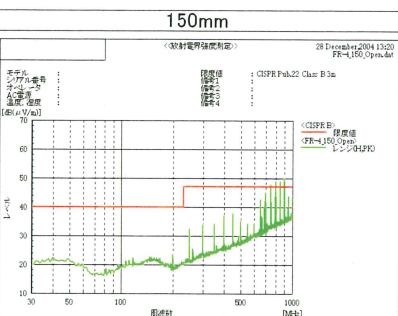
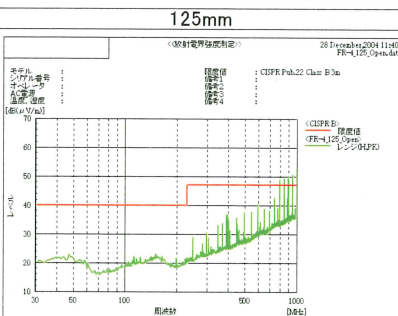
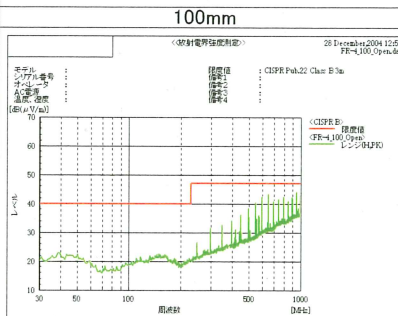
- 1) グローバル電子株式会社ホームページ, 役に立つ設計ノートNo17『伝送線路設計のポイントその2』, http://www.gec-tokyo.co.jp/Jp/gnews/N17PDF/GN17_YSN.pdf, 2004.12.17
- 2) 高橋 勉: EMCを考慮したプリント配線板設計技術, 電磁環境工学情報EMC, 170 (2002)23
- 3) 久保寺 忠: 高速デジタル回路実装ノウハウ, CQ出版株式会社, (2002)21

ガラスエポキシ基板

開放

終端

短絡



ガラスエポキシ基板(ベタアース)

100mm

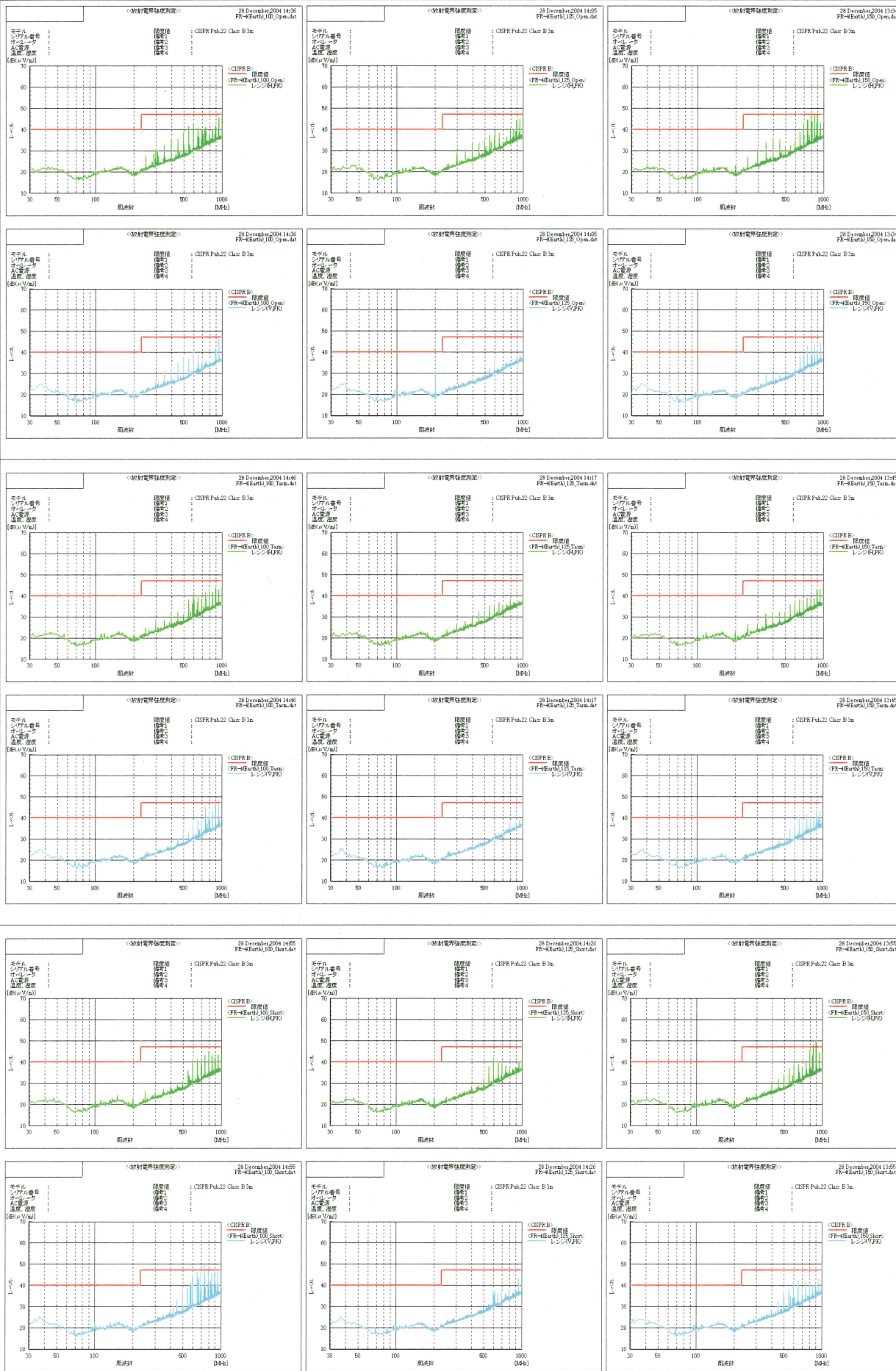
125mm

150mm

開放

終端

短絡



フッ素樹脂基板

100mm

125mm

150mm

開放

終端

短絡

