

ノート

EMC を考慮したプリント基板設計ルール構築のための基礎実験の実施

西野 義典*¹⁾ 片桐 健*¹⁾ 原本 欽郎*¹⁾ 五十嵐 美穂子*¹⁾

Drawing up of Rules of PCB design for EMC based technology

Yoshinori Nishino*¹⁾, Ken Katagiri*¹⁾, Yoshiaki Haramoto*¹⁾, Mihoko Igarashi*¹⁾

キーワード：プリント基板，設計ルール，EMC 対策，ノイズ対策，デジタル回路，測定

Keywords：Printed Circuit Board，Design rule，EMC，Noise，Digital Circuit，Measurement

1. はじめに

電子機器の高速化に伴い，機器のノイズ対策が重要課題となっている。ノイズ対策のテーマは古くて新しい課題であり，ノウハウとしての蓄積が重要である。産技研においても，EMC（電磁両立性）を考慮した高速デジタル回路・高周波回路設計に関する技術相談が増加している。このような要望に応えるために，EMC を考慮した新たな設計ルールの収集を行い，企業指導のためのノウハウ・データベース作りが必要であった。

本研究では，高周波測定技術に必要な，プリント基板を用いた伝送線路に関する基礎的な実験を行った。これにより，回路パターンにおける設計手法と技術データの収集を行った。

2. 実験方法

伝送路特性に関して，図 1～4 の実験基板を作成し，①～④の基礎的な実験を行い，回路とパターンの関係を調べると共に，高周波特性を測定した。

① 実験 1：ストリップラインの線幅と特性インピーダンスの関係観測（図 1）

TDR（時間領域反射測定器）を用いて，ストリップラインの線幅と特性インピーダンスの関係を調べた。

② 実験 2：信号の反射の影響の観測（図 2）

信号発生器と 50 Ω 終端抵抗器を用い，ストリップラインの線幅により特性インピーダンスを変化させた場合の伝送信号を測定した。



図 1. 実験 1 用基板

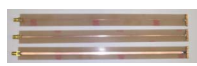


図 2. 実験 2 用基板



図 3. 実験 3 用基板

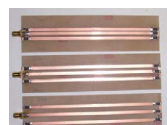


図 4. 実験 4 用基板

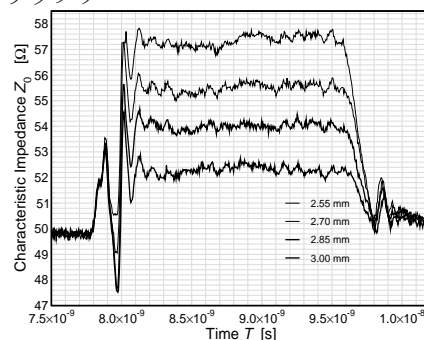


図 5. 線幅と TDR 信号波形

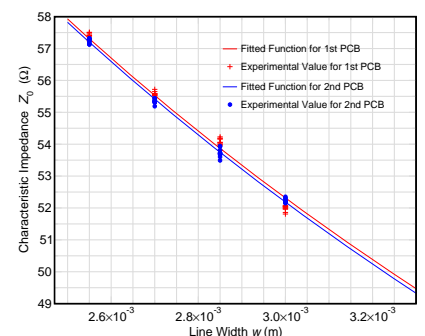


図 6. 特性インピーダンス解析

③ 実験 3：ダンピング抵抗の効果観測（図 3）

ダンピング抵抗とは，信号に直列に挿入して，波形のゆがみを整える役目を持つ抵抗であり，かつ反射の影響を抑える目的の抵抗器で，その効果を観察するために，50 Ω 伝送線路を伝播した信号の測定を行った。

④ 実験 4：クロストークノイズの観測（図 4）

クロストークの線間距離依存性を調べた。被誘導線は両端を 50 Ω で終端し，測定にはアクティブプローブとオシロスコープを用いた。

なお，各実験で用いるプリント基板（板厚 1.6 mm，銅箔 35 μm）は，産技研で保有している基板加工機を使用して作成した。

3. 実験結果

以下に，各実験の結果について述べる。

3.1 実験 1 ストリップラインの線幅を 2.55 mm，2.70 mm，2.85 mm，3.00 mm の 4 通りに変化させて，線幅と特性インピーダンスの関係を測定した（図 5）。線幅が大きくなるにつれて，インピーダンスが低下している。図 6 には，板厚と特性インピーダンスの関係をプロットした。本実験で使用した伝送線路（ガラスエポキシ基板，厚さ 1.6 mm，銅箔 35 μm）で $Z_0=50 \Omega$ とするには， w （線幅）=3.34 mm とする必要があることを導出した。

* 1) エレクトロニクスグループ

3.2 実験2 実験1で特性インピーダンスが50Ωになる線幅は3.34mmであることが判明した。終端マッチングしていない線路は反射が大きくなることを確認するために実験2を実施し、線幅を0.4mm, 1.3mm, 3.34mmと変えて反射の影響を観測した。

整合していない線路 (w=0.4, 1.3mm) では、整合している線路 (w=3.34mm) に比べて、歪みの大きい信号が測定された (図7)。

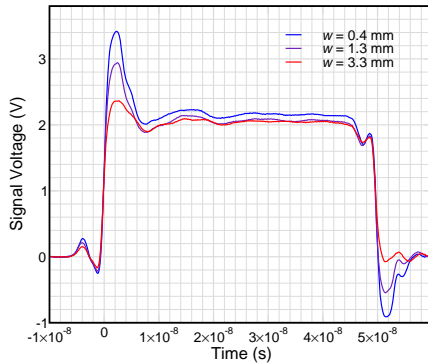


図7. 線幅と反射の影響

W=0.14, 1.3 では、W=3.34 に比して大きなオーバーシュート、アンダシュートが観測される

3.3 実験3 ダンピング抵抗を伝送線路に直列に挿入して、反射の影響を観察した。10MHzの発振回路を装着した伝送線路を準備し、ダンピング抵抗器 (0Ω, 15Ω, 27Ω, 47Ω, 100Ω) を直列に挿入し、50Ω伝送線路を伝播した信号の測定を行った。

測定結果から、ダンピング0Ωでは反射の影響が残り、ダンピング抵抗値が大きくなるにつれて、電圧レベルが低下する様子が観測できた (図8)。

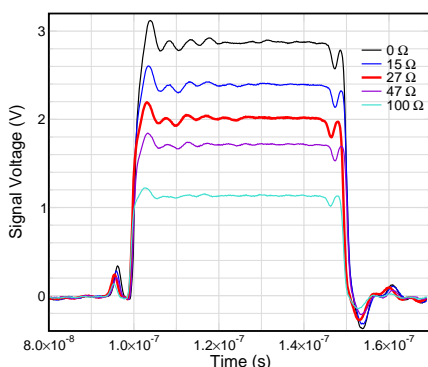


図8. 終端抵抗値と電圧レベル

波形は、上から0Ω, 15Ω, 27Ω, 47Ω, 100Ω
抵抗値が大きくなるにつれてレベルが低下する様子を観測

3.4 実験4 線幅3.34mmのパターン2本を基板上に所定の間隔で配線し、クロストークの線間距離依存性を調べた。平行間隔は、1mm~6mmと変化させた。被誘導線は50Ωで両端を終端。測定にはアクティブプローブとオシロスコープを用いた。参考のために図9に実験4の測定系を図示する。

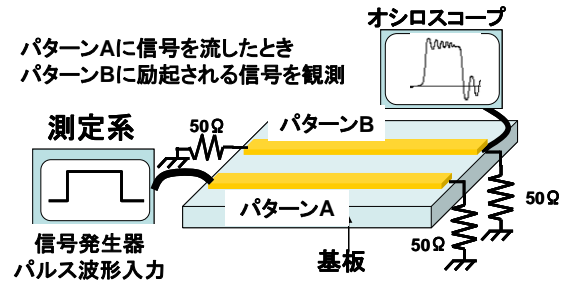


図9. 実験4の測定回路

線間間隔の増加と共にクロストークノイズの値はおおよそ低下した (図10)。パターン間隔で励起される信号の振幅が変わることが観測できた。しかし、クロストークは信号の速さ、パターン幅、パターン間隔、パターン長が関与するが、今回は、パターン間隔のみの評価となった。今後、残りのパラメータの評価が必要である。

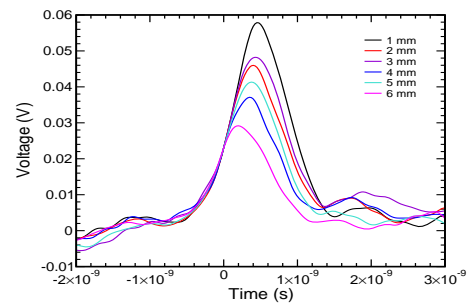


図10. 被誘導線のノイズレベル

線間隔が広くなるに従って、励起される電圧が低くなっている

4. まとめ

本研究で、プリント基板設計ルールを構築するために基礎データを収集した。今後、EMC対策部品の使い方等の研究を重ね、産技研オリジナルの設計ルール構築を目指す。

(平成21年7月3日受付, 平成21年8月21日再受付)