

プリント基板からの放射ノイズの低減に関する研究*

熊谷 隆美**

両面基板を使用し、片面をベタアースパターン、もう一方をベタ電源パターンとした基板が、放射ノイズが最も少ない。その理由は、両パターン間で、容量が形成されているためである。また、片面ベタアースパターン基板または両面ベタアースパターン基板から放射ノイズが最も多い原因は、アースパターンが電波の反射板となっているためである。

キーワード：放射ノイズ、プリント基板、アースパターン、電源パターン、共振

Technical Development of Suppression for Radiated Emission

KUMAGAI Takami

It is in the cause of the capacity between the circuit pattern of the both sides of a double-side printed circuit board, that the radiation noise is small under the condition that one side pattern is all over ground and the other is all over power circuit. The generating of the large radiation noise, in the cause that the printed side of a single-side printed circuit board or the both sides of a double-side printed circuit board is all over ground pattern, is in the cause that the each ground pattern acts for a reflector.

key words : radiated emission, printed circuit board, ground pattern, power circuit pattern, resonance

1 緒 言

EMC規制の強化に伴い種々のノイズ低減方法¹⁾が考案されているが、普遍的技術として確立されているとは言えず、個々の企業秘密となっていることが多い。ノイズ低減のより確実な方法はシールドを行うことであるが、コストが嵩むという問題点がある。

このため、安価なプリント基板のノイズ低減法の検討が行われており、特に、基板のアースパターンと電源パターンの引き回し方法がノイズ低減上重要となっている。

前報²⁾では、アースパターンと電源パターンの引き回しの違い（アースと電源パターンの配置を変えてみる）による放射ノイズ特性の変化について調べた。その結果、放射ノイズが最も小さいのは、両面基板において片面ベタアースパターン、もう一方をベタ電源パターンとした場合であった。また放射ノイズが最も大きいのは、片面ベタアースパターンまたは両面ベタアースパターンとした場合であった。

本報では、前報の原因を調べるために、次のような実験を行い、検討した。(1)両面基板の片面をベタアースパターン、もう一方をベタ電源パターンとした場合に放射ノイズが小さいのは、両パターン間で容量が形成されるためであると考えられるので、基板面積を2倍にして、形成される容量を変化させ、前報と同様の実験を行った。(2)片面ベタアースパターンまたは両面ベタアースパターンとした場合、放射ノイズが大きいのは、ベタアースパターンが電波の反射板となっていると考えられるので、基板の部品面の反対側を銅板で覆って、放射ノイズの指向特性を測定した。その結果、(1)では両パターン間で容量が形成され、これがバイパスコンデンサーとなり回路のインピーダンスを低くし、放射ノイズを抑えている³⁾ことが考えられ、(2)では、ベタアースパターンが、電波の反射板となっていることがわかったので、以下にその概要を報告する。

* 電波ノイズの低減に関する技術開発（第2報）

** 電子機械部

2 実験方法

2-1 基板のパターンの種類による放射ノイズの変化

前報では、基板上に表1に示す5種類のパターンを試作し、図1に示すノイズ発生回路(30MHzの基本波と、その整数倍の高調波を多数発生する回路)を基板上に組み、放射ノイズレベルの変化を測定した。今回は基板の面積を増やせばベタアースパターンとベタ電源パターン間で形成される容量⁴⁾が増え、回路のインピーダンスがより低下し、更にノイズの放射が抑えられると考え基板の面積を2倍とし、図1に示すノイズ発生回路を基板上に組んだ。本報で試作した基板のパターンの種類を表2に示す。今後本文ではそれぞれの基板を、表1、2に示す記号で呼ぶことにする。

表1 前報で試作した基板のパターンの種類と本文での記号 (寸法は10×10cm)

基板の種類	パターンの引き回し方	記号
片面基板	ベタアース無し	A-1
片面基板	裏面ベタアース	A-2
両面基板	両面ベタアース	A-3
両面基板	表ベタ電源、裏ベタアース	A-4
両面基板	表ベタアース、裏ベタ電源	A-5

表2 本報で試作した基板のパターンの種類と本文での記号 (寸法は10×20cm)

基板の種類	パターンの引き回し方	記号
片面基板	ベタアース無し	B-1
片面基板	裏面ベタアース	B-2
両面基板	両面ベタアース	B-3
両面基板	表ベタ電源、裏ベタアース	B-4
両面基板	表ベタアース、裏ベタ電源	B-5

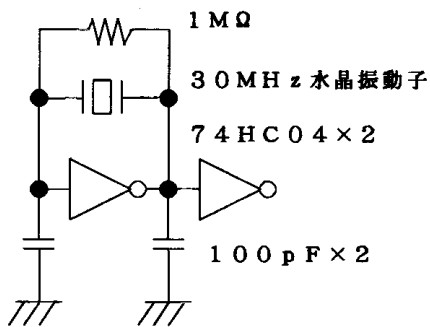


図1 ノイズ発生回路

表2の基板を3m法FCCファイリング型電波暗室で放射ノイズレベルの変化を測定した。測定周波数は、

30MHzから300MHzとした。また、測定に使用したアンテナの高さは、水平偏波の測定の場合は1, 2, 3, 4m、垂直偏波の場合は1mとした。測定方法の略図を図2に示す。

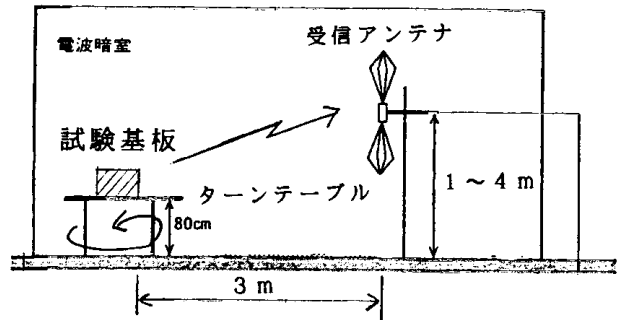


図2 実験方法の略図

2-2 放射ノイズの指向特性の変化

片面ベタアース基板または両面ベタアース基板は、放射ノイズレベルが最大である。これは、ベタアースパターンが電波の反射板となっているためと考えられる。しかも、ノイズ発生回路のICのピンは、基板を貫通しているため、放射ノイズは両面均等に放射すると考えられる。

そこで、A-3基板を用い、基板を図2のターンテーブルに垂直に置いて、放射ノイズレベルの指向特性を測定した。実験はICのピンがむきだしのA-3基板と、ICのピンが貫通している面を銅板で覆い、その面からノイズが放射しない様にしたA-3基板とで行い、比較した。測定周波数は、基板の寸法が放射ノイズの波長にコンパラブルな、600MHzから1GHzの周波数間で行った。

この測定も、図2に示すような3m法FCCファイリング型電波暗室で行った。測定は水平偏波とし、まず、放射ノイズレベルが最大になる高さを探し、その高さを受信アンテナを固定し、基板を置いたターンテーブルを1回転させ指向特性を測定した。

3 実験結果および考察

3-1 基板のパターンの種類による放射ノイズの変化

図3は基板のパターンをパラメーターとして、前報と本報の放射ノイズレベルの測定結果の差を示したものである。横軸は高調波の次数であり、縦軸は(20×10cm基板の放射レベル) - (10×10cm基板の放射レベル)である。20×10cm基板の放射レベルが高ければ、縦軸はプラスの値となる。なお、水平、垂直偏波ともに同じ傾向であったため、水平偏波のみ示した。

図3から、面積を増やした20×10cm基板の方が

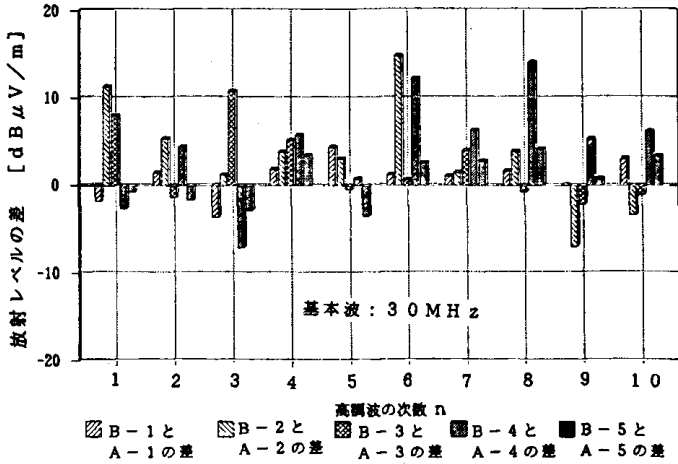


図3 放射レベルの差 (水平偏波の場合)

放射ノイズが増えている傾向がわかる。これは予測した結果と異なる。そこで、エッチングを行っていない $10 \times 10 \text{ cm}$ と $20 \times 10 \text{ cm}$ の両面基板について、インピーダンスアナライザ (HPの4194A) を用いて 10 MHz から 100 MHz の周波数範囲で銅箔間インピーダンスの分析を行った。結果を図4に示す。

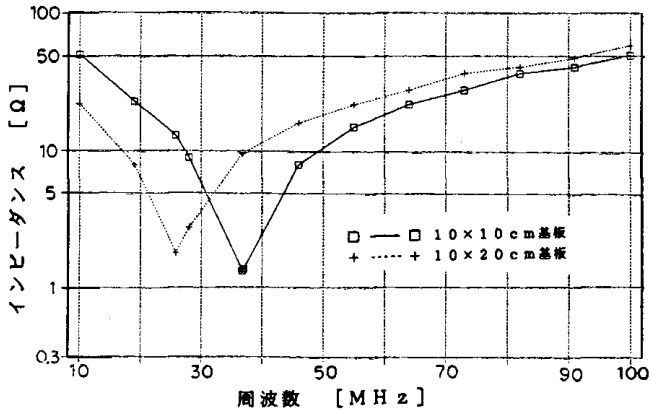


図4 両面ベタアース基板のインピーダンス特性

図4で、実線が $10 \times 10 \text{ cm}$ 基板の場合であり、破線が $20 \times 10 \text{ cm}$ 基板の場合である。実線と破線と比較すると、破線の共振点が低い周波数にずれ、今回の研究対象の周波数である 30 MHz 以上では、すでにインダクティブ成分となって、インピーダンスが増加していることがわかる。つまり、基板の銅箔間インピーダンスは純粋な容量ではなく、必ずインダクタンスや抵抗成分が存在するために共振が生じる。よって、ノイズ低減のためには、ノイズの周波数が基板の共振付近で、インピーダンスが小さい周波数領域の場合に有効であるといえる⁵⁾。

そこで、基板の銅箔間インピーダンスを図5に示す回

路で表現できると仮定し、図4の特性からそれぞれの場合の容量C、インダクタンスL、抵抗Rの値を計算してみた。結果を表3に示す。

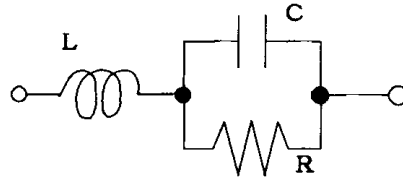


図5 基板のインピーダンス等価回路

表3 各素子の計算値

	$10 \times 10 \text{ cm}$	$20 \times 10 \text{ cm}$
L [nH]	75	75
C [pF]	241	430
R [Ω]	304	111

表3から、 $20 \times 10 \text{ cm}$ の基板の容量Cが、 $10 \times 10 \text{ cm}$ のおよそ1.8倍であることがわかる。

以上の事より、A-4またはA-5基板が放射ノイズが最も少ない理由は、ベタアースパターンとベタ電源パターン間で容量が形成され、それがバイパスコンデンサとなって回路のインピーダンスを低くし、放射ノイズを抑えていると考えることができる。また、今回使用した基板の容量値は、ほぼ 300 pF である事がわかった。そこで、放射ノイズが最大であったA-2とA-3基板の電源とアースとの間に、 300 pF のセラミックコンデンサを付加して、放射ノイズの大きさを測定し、放射ノイズが最も小さいA-4基板の場合と比較した。その結果を図6に示す。なお、水平、垂直偏波ともに同じ傾向であったため、水平偏波のみ示した。

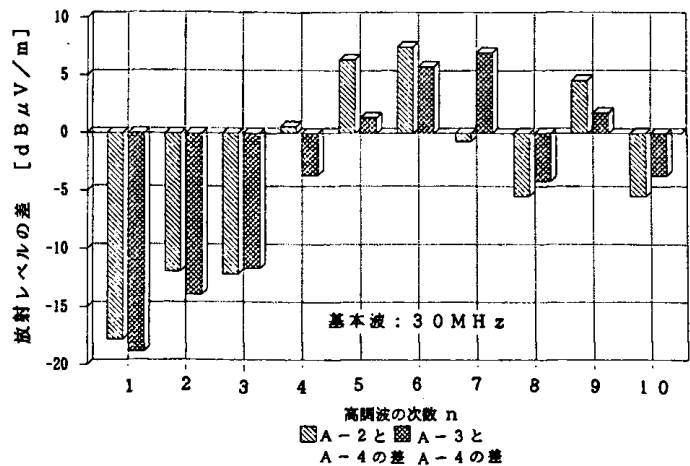


図6 300 pF 付加したA-2及びA-3基板とA-4基板の放射ノイズレベルの差 (水平偏波の場合)

図6より、A-2とA-3基板でもコンデンサーを付加することで、A-4基板と同等の効果があることがわかる。さらに、90MHz(次数3)までは、A-4基板よりも放射ノイズが少なくなっている。そこで、実験に用いた300pFのコンデンサーの特性を測定した。その結果を図7に示す。図7と図4に示した10×10cm基板のインピーダンス特性を比較して、共振周波数は殆ど同じであるが、共振付近でのインピーダンスは、300pFのコンデンサーの方が低い。このことが、更に放射ノイズを抑えていると考えられる。

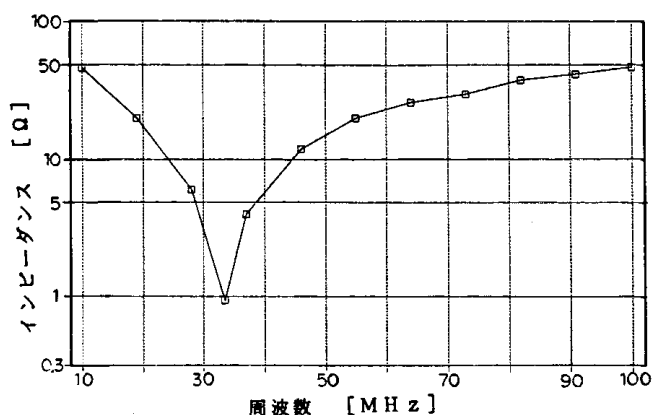


図7 実験に使用したコンデンサーのインピーダンス特性

3-2 放射ノイズの指向特性の変化

図8に一例として、930MHz(31次高調波)の場合の放射指向図を示す。実線は、ノイズ発生回路部分の片面(部品面の反対側)を銅板で覆い、その面のベタパターンにハンダ付けした場合であり、破線は、回路構成部分を露出したままの場合である。また、図8で、同

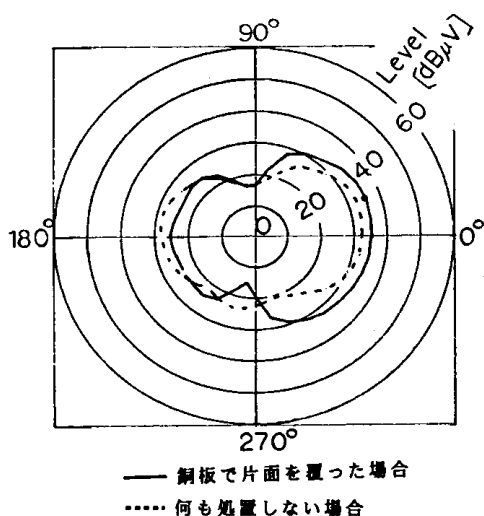


図8 放射指向特性

心円は放射ノイズレベルを示し、円周方向は、ターンテーブルの回転角度を示す。

A-3基板の回路構成部分露出の場合は、両面からほぼ同じ強度でノイズが放射している。一方、裏面を銅板で覆った基板の場合は、ノイズ発生回路の部品がある表面の方向へ、ノイズが強く放射されており、銅板で覆った裏面側への放射レベルは、弱くなっている。これは、両面ともベタアースパターンが電波の反射板となっているが、片面を銅板で覆った基板は、銅板で覆う事により基板の誘電体層を貫通しているICのピンから放射される電波が、銅板に遮られて放射しにくくなったためと考えられる。

4 結 語

本研究により、次のような結果が得られた。

- (1) A-4またはA-5基板の放射ノイズが最も少ない原因は、ベタアースパターンとベタ電源パターン間で、容量を形成しているためである。
- (2) ただし、基板面積を2倍とした実験でも明らかのように、実際の基板容量はインダクタンス成分も有するため、ノイズの周波数が共振付近の領域と合わない、効果はない。
- (3) A-2またはA-3基板から放射ノイズが最も多い原因は、アースパターンが電波の反射板になっているためである。

最後に、本研究を進めるにあたり、種々のご指導を戴いた、岩手大学電気電子工学科の久保田 賢二講師に感謝致します。

文 献

- 1) 清水 康敬, 杉浦 行: “電磁妨害波の基本と対策” (社) 電子情報通信学会, 184-211 (1995)
- 2) 熊谷 隆美: “岩手県工業技術センター研究報告 第2号”, 23-26 (1994)
- 3) 山崎 弘郎: “電子回路のノイズ技術” オーム社 51-52 (1981)
- 4) 伊藤 健一: “アースとパターン設計” 日刊工業新聞社, 65 (1991)
- 5) 坂本 幸夫, 山本 秀俊: “現場のノイズ対策” 日刊工業新聞社, 52-54 (1993)