

プローブ入門書

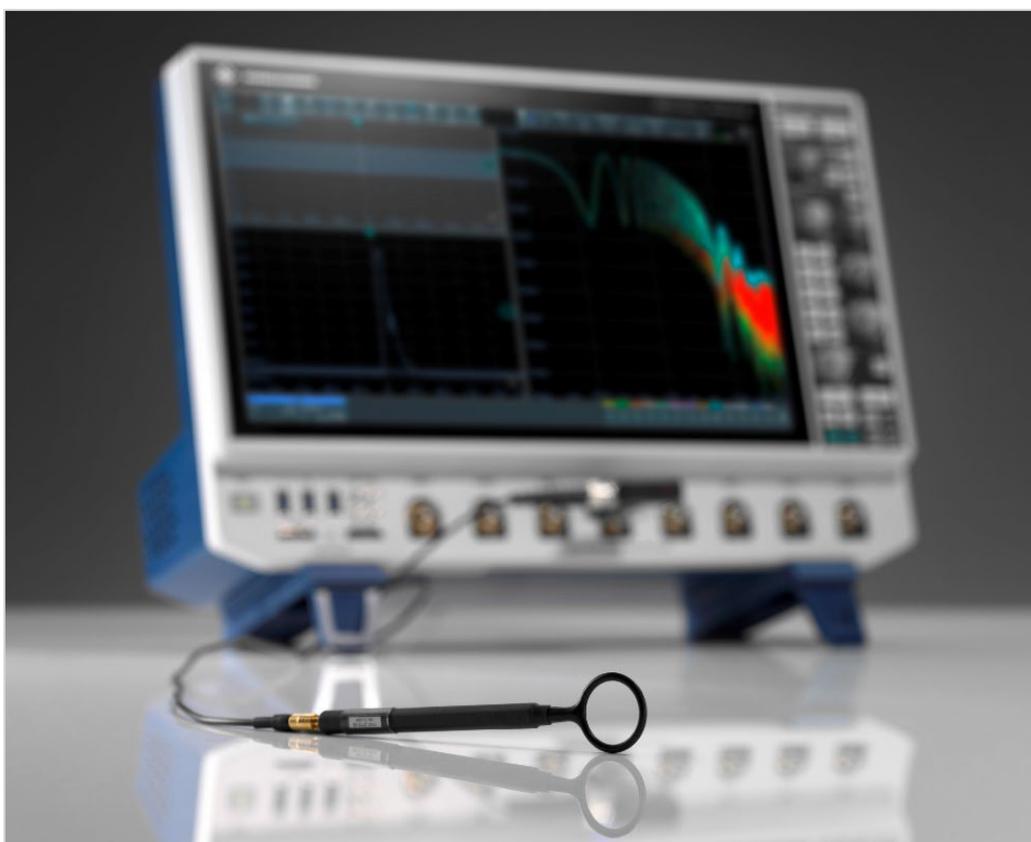
オシロスコーププローブの基礎 近磁界プローブ編

ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



近磁界プローブの基礎



▶ 動画版もご利用ください
(外部サイト YouTube へ移動します)



EMI プリコンプライアンステスト

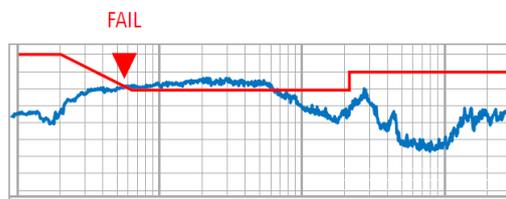
EMI コンプライアンステストでは、EUT からの RF エミッションが規格の限度値を超えていないことを確認します。これらのエミッションは、ケーブルを介して EUT から伝搬されるか、または空間に放射されます。

放射プリコンプライアンステストは、規格外の放射性エミッションの発生源を発見、特定、およびデバッグするためのテストです。放射コンプライアンステストの前に EMI 関連の問題を検出し、時間とコストを節約するために行います。

放射コンプライアンステストはアンテナを用いて遠方界で行われますが、放射プリコンプライアンステストは近磁界プローブを用いて近傍界で行われます。

EMIプリコンプライアンステストとデバッグについて

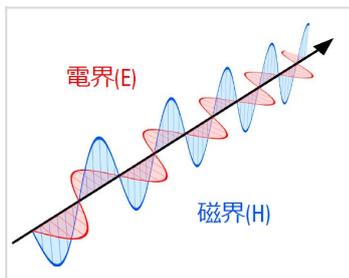
- ▶ EMIコンプライアンステストでは、EUTからのRFエミッションが規格の限度値を超えていないことを確認
 - エミッションは伝導（ケーブル経由）、放射（空間経由）される
- ▶ 放射プリコンプライアンステストは、規格外エミッションの発生源を発見、特定、およびデバッグするために実施
 - 正式なコンプライアンステストの前に
- ▶ コンプライアンステストはアンテナを用いて遠方界で実施
- ▶ プリコンプライアンステストは近磁界プローブを用いて近傍界で実施



遠方界と近傍界について

電磁波は、互いに直交して伝搬する電界(E)と磁界(H)の両方から構成されています。これらの2つの成分は、遠方界では、ほぼ同じ強度になりますが、近傍界では、2つの成分のうちの1つが支配的になります。どちらが支配的であるかは電圧や電流、インピーダンス、あるいは終端などの放射源の特性に依存します。

近傍界と遠方界を定義する数学的方法はさまざまですが、近傍界の EMI テストは通常、EUT から数センチメートル以内で行われます。一般に、信号が遠方界で検出できる場合、それは近傍界でも検出できますが、この逆は必ずしも真ではありません。



近磁界プローブについて

近磁界プローブは近傍界での測定に使用されます。エミッションの物理的な発生源（例えば、コンポーネント、プリント回路基板上の信号経路など）を特定する場合、または、シールドのギャップ／欠陥を特定する場合には、ほとんど常に近磁界プローブを用います。近磁界プローブは通常、波長よりも遥かに小さいため、密閉空間での使用が比較的容易であり、高い空間分解能、すなわちエミッションの発生源に関する高い確度を得ることができます。

ただし、近磁界プローブは、一般に、高確度で絶対的な受信信号の測定ではなく、相対的な測定に使用されることに注意してください。また、近磁界プローブは EUT に近接して使用されるため、通常、EUT との電気的接触を防止し、ショートおよびその他の関連する問題を回避するために絶縁されています。

近磁界プローブは、電界プローブと磁界プローブの二つの種類に分けられ、ほとんどの近磁界プローブキットには両方のプローブが含まれています。電界プローブは電磁波の電界に、磁界プローブは磁界に反応するように設計されています。

近磁界プローブはオシロスコープやスペクトラム・アナライザ／EMI テスト・レシーバと共に用いられることが多く、どちらの測定器でも同じ近磁界プローブを同様の目的で使用することができます。

近磁界プローブについて

- ▶ エミッションの物理的な発生源を特定
 - コンポーネント、PCBトレースなど
 - シールドのギャップ / 欠陥
- ▶ サイズが波長よりもはるかに小さい
 - 密閉空間での使用が容易
 - 高い空間分解能
- ▶ 相対的な測定に使用
 - 高確度な絶対値の測定では用いられない
- ▶ EUT に近接して使用されるため、絶縁されている
- ▶ 電界プローブと磁界プローブの 2 種類が存在
- ▶ オシロやスペアナ / EMI テスト・レシーバと共に用いる



近磁界プローブの使用方法和留意点

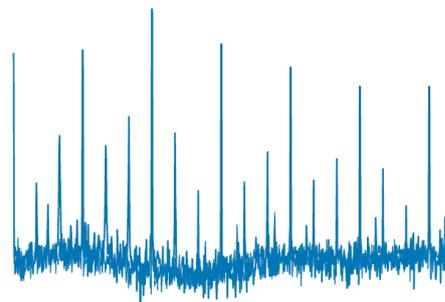
周波数に対するスペクトラムレベルを観測するように測定器を設定し、プローブの位置や方向を変更しながら測定を行います。信号レベルの増加は、エミッションの発生源に近いことを意味します。

スペクトラム・アナライザでは、周波数対レベルがデフォルトの測定結果ですが、オシロスコープで周波数領域の情報を観測するためには、FFTモードまたはスペクトラムモードに設定する必要があります。加えて、オシロスコープを使用する場合は、入力インピーダンスを 50 オームに設定する必要があります。

また、受信信号があまり強くない場合があり、ノイズを減らすために測定器の設定を最適化する必要があります。スペクトラム・アナライザの場合は、RBW を狭くすることをお勧めします。オシロスコープの場合は、ハイレゾモードまたは HD モードを使用すると、ノイズを低減できます。

近磁界プローブを使用する上での留意点

- ▶ 周波数に対するスペクトラムレベルを観測
 - プローブの位置や方向を変えながら
 - レベルが高い = 発生源に近い
- ▶ FFTモードがオシロスコープに必要
- ▶ 入力インピーダンスを50Ωに設定
- ▶ ノイズを減らすために測定器の設定を最適化
 - スペアナの場合：狭いRBW
 - オシロの場合：HDモード
- ▶ さまざまなサイズや種類のプローブを使用



プリアンプの使用

近磁界プローブを使用して捕捉した信号は、SN 比が非常に低い場合があります。そのため、近磁界プローブと測定器の入力部の間にプリアンプを導入し、受信信号レベルを引き上げることがあります。近磁界プローブと共に使用されるプリアンプの典型的なゲインは 20 dB ~40 dB です。

プリアンプは、エミッションのレベルが非常に小さい場合や、測定器の内部ノイズレベルが高い場合、プローブのループが小さく、感度が低い場合に特に有用です。

ただし、プリアンプによってノイズが加わることもあるので、低ノイズ指数のプリアンプの使用を推奨します。



電界プローブについて

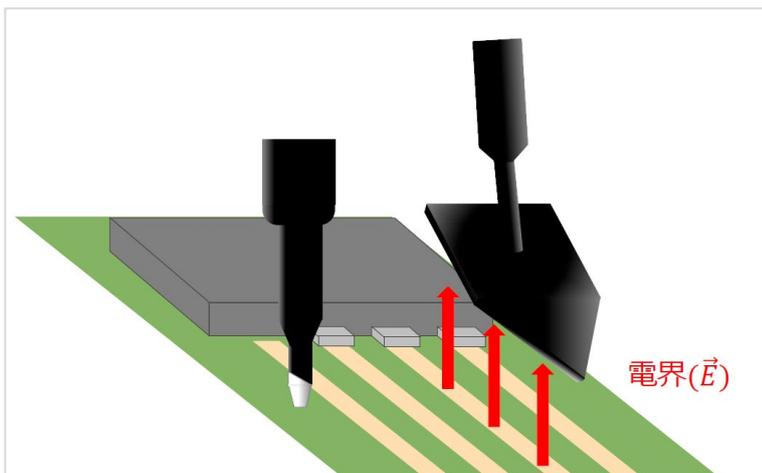
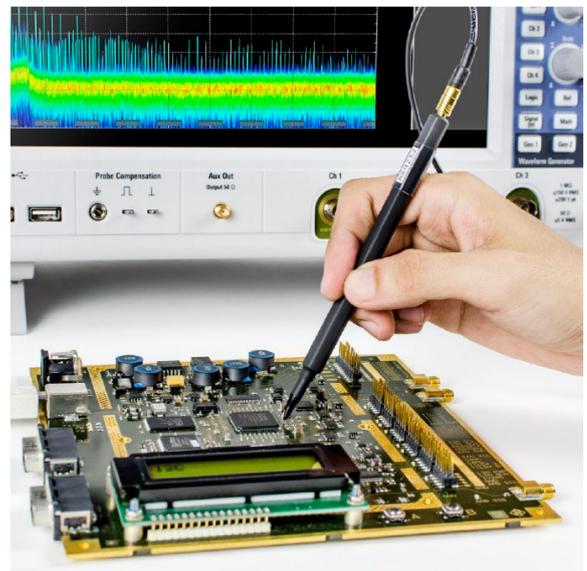
電界プローブは電磁波の電界に反応するように設計されているため、主に電流ではなく電圧を検出します。

ほとんどの電界プローブは、ペンのような形状をしており、プローブが電流に対して垂直に保持されているときに最大応答が発生します。ただし、磁界プローブと比較すると、プローブの向きはそれほど重要ではありません。

多くの場合、電界プローブは非常に小さく、サイズが小さければ小さいほど、より大きな空間分解能を持ちます。すなわち、エミッションの発生源を特定のピンやプリント基板の配線経路に絞り込むことができます。大型の電界プローブで大まかなエミッションの発生源を確認し、より小型の電界プローブを使用して、発生源をより正確に特定していきます。

電界プローブについて

- ▶ 電界プローブは電界(E)に反応
 - 主に電圧を検出（電流ではなく）
- ▶ プローブが電流に対して垂直に保持 = 最大応答が発生
 - 向きは磁界プローブほど重要ではない
- ▶ サイズが非常に小さい
- ▶ サイズが小さいほど、大きな空間分解能を実現
 - エミッションの発生源を、特定のピンまたはプリント基板の配線経路に絞り込み可能



(左：通常の電界プローブ、右：大型の電界プローブ)

磁界プローブについて

磁界プローブは電磁波の磁界に応答するように設計されています。主に電圧ではなく電流の変化を検出し、より高い周波数のエミッションを探るときに有用です。ほとんどすべての磁界プローブはループの形をしています。小さな棒状の磁界プローブを使用することもあります。

ループの直径は非常に重要であり、ループが大きいほど感度が高くなるため、弱い信号を拾うことに適しています。他方、ループが小さいほど感度は低くなりますが、空間分解能が高くなります。つまり、ループのサイズが小さいほど、エミッションの発生源をより正確に特定できます。

多くの場合、ベストな測定方法は、ループが大きい磁界プローブを用いて大まかな発生領域を確認し、次にループが小さなプローブに交換してエミッション発生源をより正確に絞り込んでいくことです。

磁界プローブについて

- ▶ 磁界プローブは磁界(H)に応答
 - 主に電流の変化を検出（電圧ではなく）
 - より高い周波数のエミッションの探索に有用
- ▶ ほとんどがループの形をしている
 - 小さな棒状の物も存在
- ▶ ループの直径が非常に重要
 - ループが**大きい**ほど、感度が高い
 - ループが**小さい**ほど、空間分解能が高い
 - 大きなループで大まかな発生領域を決定し、小さなループで正確な位置を絞り込む



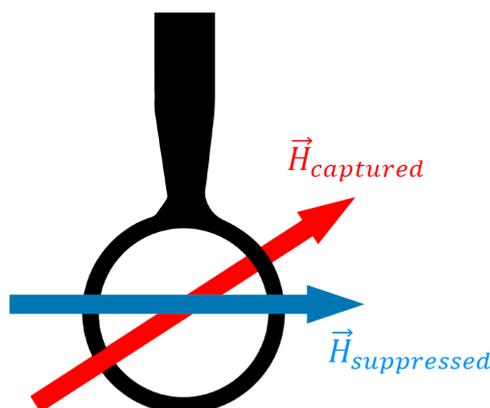
磁界プローブの指向性

ループ状の磁界プローブは指向性が高いため、電流の方向に対するループの向きが非常に重要です。最大応答は磁力線がループを通過するときに発生し、最小応答は磁力線がループの面に平行なとき、つまり磁力線がループを通過しないときに発生します。

したがって、磁界プローブを使用してエミッションを探索する場合は、最も強い応答が見つかるまでプローブを回転させ、その方向を変更しながら測定する必要があります。

磁界プローブの指向性

- ▶ ループ状の磁界プローブは指向性が高い
 - 電流の方向に対するループの向きが重要
- ▶ 磁力線がループを通過するときに**最大応答**
- ▶ 磁力線がループの面に平行なときに**最小応答**
- ▶ 最大応答が観測されるまでプローブを回転させ、その方向を変更する



まとめ

- ▶ 近磁界プローブは、主に EMI プリコンプライアンスおよびデバッグで使用し、規格外エミッションの位置を検出および特定します。
- ▶ 近磁界プローブは、オシロスコープ、スペクトラム・アナライザ、EMI テスト・レシーバと共に使用します。
- ▶ 測定信号が小さい場合や測定器の内部ノイズレベルが高い場合にはプリアンプを使用します。
- ▶ 近磁界プローブには、電界に応答する電界プローブと磁界に応答する磁界プローブの 2 種類があります。
- ▶ ループ状の磁界プローブはループの向きが非常に重要であり、最大応答は磁力線がループを通過するときに生じます。

測定マイスターカレッジ

基本的な測定器の基礎を横断的に学べる e ラーニングサイト

