電波吸収体を使ったシールド

Andrew Sundsmo
MAST Technologies

背景

電子機器が小型化し、扱うデータスピードが高速になったことで、部品間の物理的距離の短縮と、データ伝送の高速化に伴い信号波長が短くなることが複合的に発生している。波長が短くなると、その長さは部品や機器の物理的寸法に近づき、ノイズに対する「アンテナ効果」が増大することになる。したがって、より高い周波数からコスト効率の良い方法で製品をシールドするのがむずかしくなっているので、電磁波放射能力のある「アンテナ」構造にノイズが結合するのを防ぎ結合する電磁界レベルを低減することは、ますます重要になってきている。

また、短い波長は多くの EUT の物理的寸法に近づくことになり、空洞共振の影響が起こる可能性が出てくる。共振周波数とは、ちょうど半波長の整数倍が筐体の外形寸法と一致する周波数である。電磁波は、ノード（つまり振幅ゼロ）が内側の電導性の壁上にある筐体内部にセットアップされる。これらの構造物は空洞共振器としてふるまう。例えば、2インチ（2.54 cm）×½ インチ（1.27 cm）の長方形の金属筐体では、約 12 GHz の1次モード共振が発生する。このような超高周波（ミリ波）での弱い結合でさえ、筐体内のどの点にも結合あるいは放射できるものよりも強い発振を誘発できる。空洞共振には、ノイズ源に共振点と一致する周波数成分がある場合、空洞の「Q ファクタ」による増幅または増幅効果によって大きな電磁界がこの周波数で発生する危険性がある。この現象を減らす方法の1つは、損失(Q ダンピング）を導入することによって空洞の「Q ファクタ」を下げることである。電波吸収体を空洞に設置することがよく行われる。

PCB のエッジ周辺からの放射削減

トレース経路、重ね割り当て、デカップリング、終端など適切な PCB[※1] レイアウト設計技術が実施された場合、プリント回路基板自身からの放射を最小限にできる。しかし他にもプリント回路基板の組立品には、取り付け部品そのもの、電源や信号のリターン層の空洞共振現象、プリント回路基板のエッジなど、放射源になりうると思われるいくつかのメカニズムがまだある。シャーシのごく近くにあるプリント回路基板の端のエッジ効果は特に厄介になりがちである。したがって、このような放射電磁界はシャーシフレームに電流を誘発することになる。

適切な終端処理など、プリント回路基板からの放射エッジ効果削減に関連するさまざまなアプローチまたは技術を扱う研究は数多い。こういった技術の問題点の1つは、追加部品や貴重な PCB の面積が必要だが、実際にはエネルギーを削減しない場合がよくあるということである。むしろ、この一般的なアプローチは、エネルギーを反射させて潜在的にさらなる内部共振現象を発生させ、内部ビアと結合して放射を増大させる結果になることもある。

プリント回路基板のエッジに沿って取り付けたマイクロ波吸収体を使うことで、プリント回路基板のスペースを追加使用することなく基板からのエッジ放射を減らせる。また、吸収体はエネルギーを消費しエネルギーを印刷回路基板内部に反射し返さないことによって、基板の共振問題が起きる可能性も減らす。吸収体は U- チャネルを使って基板のエッジに取り付けることができる。

PCB トレースからの放射削減

吸収体をマイクロストリップ・トレース上に直接置くことによって、トレース上部からの電磁界放射は低下する。トレースが基板の底面にあって筐体の底に隣接している場合、これは特に厄介な結合メカニズムになる可能性がある。シャーシへの電磁界の結合は電流がシャーシ内に流れ込む原因になり、シャーシに循環する電流を構成する。そして、この循環する電流は、経路内のあらゆるスロットや継ぎ目、開口部から電磁界放射を発生させる。感圧接着剤（PSA: Pressure Sensitive Adhesive）を用いてトレース上に吸収体を設置することで、シャーシへの電磁界結合が減る。吸収体の材料のインピーダンスは高い（＞10 k Ω）ので、トレースのインピーダンスに対する影響は極めて小さい。また、取付器具や機械式の固定メカニズムを一切追加せずにトレース上に置くことができて好都合である。この方法をスイッチ・ボックス上で使うと、6 GHz で放射されたエミッションをおよそ 4 ～ 6 dB 減らすことができた。

空洞共振の影響を減らす方法

上述のように6面が電導性の筐体または空洞は、電磁気の共振をサポートできる。この結合は、例えば PCB 内のスロット、金属筐体、PCB と金属筐体間のスロットなどいろいろな構造の自己共振の結果

[※訳者注]
1. PCB：プリント回路基板。Printed Circuit Boardの略。