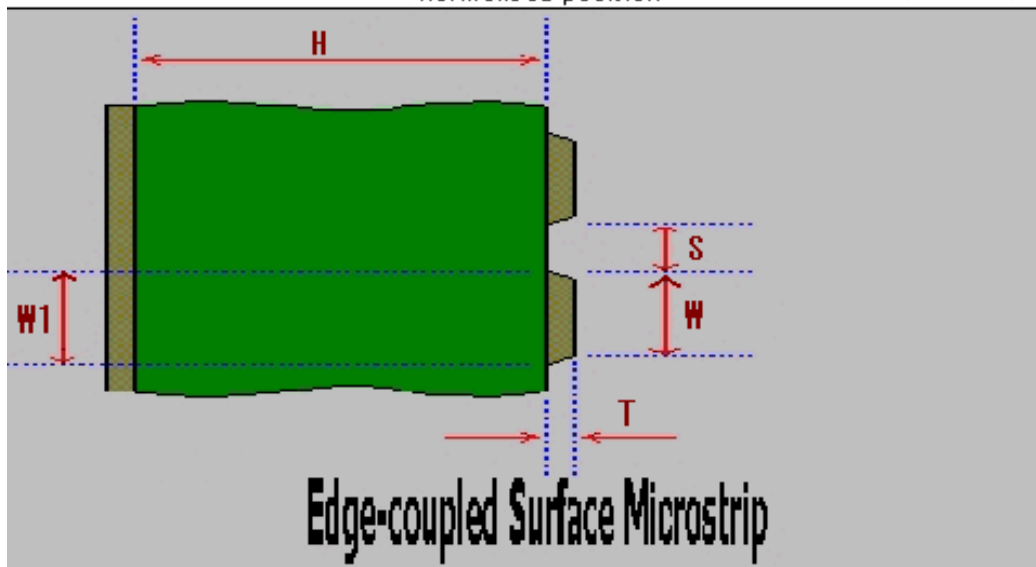
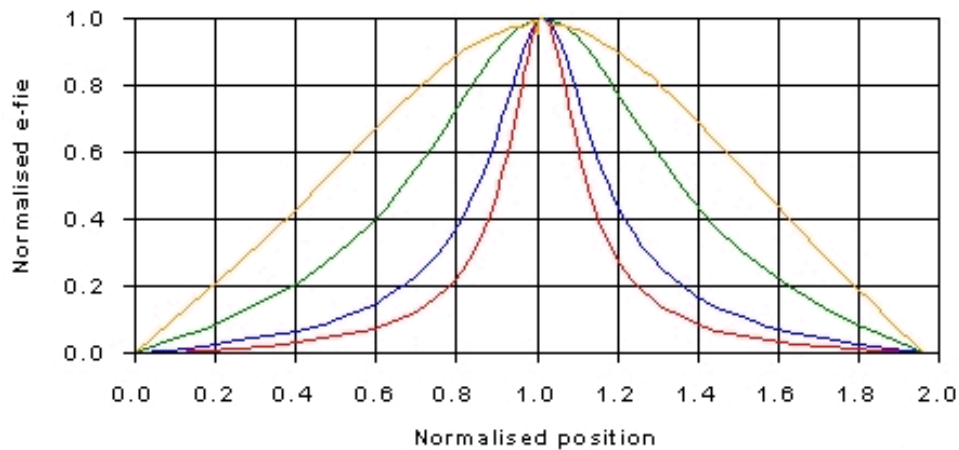


FR4 の差動及びコプレーナ・インピーダンスの計算

インピーダンスの予測に FR4 の混合構成がどう影響するのか？：

FR4 は混合物であり殆どのケースで誘電定数 $\epsilon_r=4.2$ と仮定されます、しかしエッジ結合の差動及びコプレーナ構造のインピーダンス予測に関する研究ではその材質の混合構成を考慮に入れることが最高の結果をもたらすとしています。

FR4 を構成する代表的な 2 つの要素は ϵ_r =約 6 のガラスと ϵ_r =約 3 の樹脂です。一般的に製造者は混合ステージ “C” の材質の誘電率約 4.2 を引用しています。



上のグラフはエッジ結合サーフェイス・マイクロストリップ構造での電界の分布を示しています。狭い分布は差動 2 線が隣接している構造での電界を示し、幅の広い曲線はトレース間隔(S)の電界の広がり方が増していることを示しています。その下の図は実際の構造を 90 度回転させたものです。

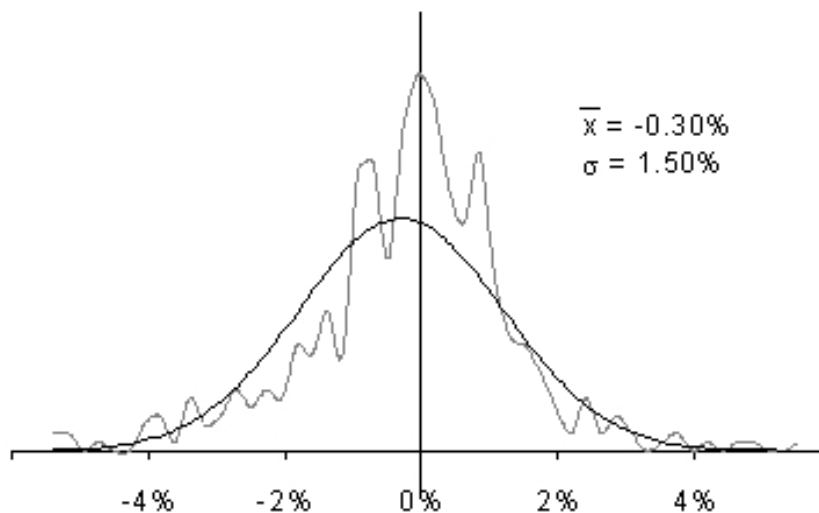
- 赤い曲線はグラウンド層にて電界抵抗のない 2 本のトレース間の強い磁界を表しています。
- 黄色い曲線はより広い間隔の差動 2 線を表し磁界はグラウンド層まで分配されています。

FR4 基板はコアとプリプレグ材質の層によってできているため、もしガラス層が表面に近く 2 本のトレースが隣接していれば(グラフ上の赤線)磁界はレジンよりガラスに近い ϵ_r に遭遇します。

内部層では 2 本のトレースの間隔はレジンで満たされ比誘電率は低くなります。

- この変化の量は基板の構造とその製造工程によって異なります。
- 最高の結果を達成するには基板メーカーとの綿密な取決めが必要とされ、しかもプリント配線板は混合物であるという属性から理想的な理論上の反応を得ることは難しいという考慮が必要です。

下の曲線は Polar 社の磁界解析インピーダンス計算ソフト CITS25 を評価する為に使われた実際のデータから得られたものです。全体的には誤差の分布は標準曲線に適合しますが 3 つの頂点の解析は上で述べた材質属性による誤差の根拠となります。



- データは異なる PCB ベンダー 3 社により製造された 1200 枚のサンプル基板に基づくものです
- インピーダンスはトレーサブルな標準エアラインに立証されたものです

伝播速度に関して: $V_p = c / \sqrt{\epsilon_r}$

実効 ϵ_r の変化は伝播速度を変えてしまうので、設計者は臨界設計のインピーダンスに加えて考慮される必要があります。

最後に、特にエッジ連結差動構造やコープレナー構造の設計時には誘電体の理想的ではない電気的属性を考慮する必要があります。高品質な製品の製造を達成する為にはプリント配線板設計者と基板メーカーとの綿密な共同関係が求められます。

参考: "Calculation of the Differential Impedance of Tracks on FR4 Substrates"
by Dr J. Alan Staniforth, Gary Rich, Chris Gregg