

PCB afschermingen



MATTHIJS KRONENBURG



Capelle aan den IJssel Nederland

- Materialen en producten voor het afschermen van: componenten, apparaten en systemen.
- EMC meet- en testapparatuur.
- Thermisch geleidende materialen.

Waarom PCB afscherming?

- EMI: een EM-golf zou een circuit kunnen beïnvloeden.
- Faradaykooi verhoogt immuniteit
- Faradaykooi beperkt emissie
- Doel is om ongewenste EMI te voorkomen en EMC te creëren.

Theorie:

Golf- en impedantie theorie

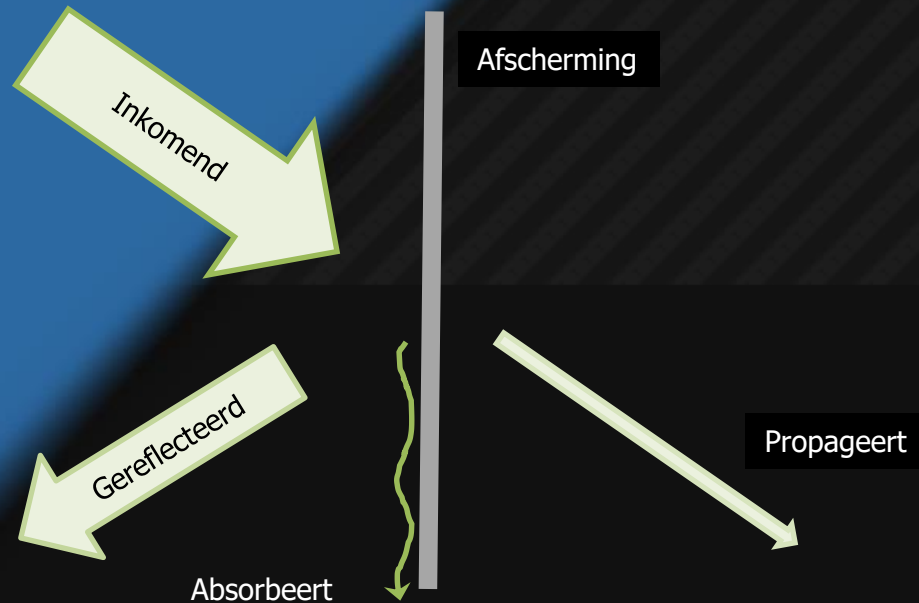
- EM-veld bestaat uit E-veld en H-veld
- Uit de differentiator volgt de impedantie (Z)
- In de lucht bedraagt deze: $Z_0 = 377 [\Omega]$
- Wanneer de impedantie hoger is \rightarrow E-veld
- Wanneer de impedantie lager is \rightarrow H-veld

Theorie:

Golf- en impedantie theorie

- Wanneer een EM-golf bij een afschermingsmateriaal aankomt, wordt het opgedeeld in 3 delen.
 - Een deel wordt gereflecteerd
 - Een deel komt aan de andere kant tevoorschijn
 - Een deel wordt geabsorbeerd

Theorie: Golf- en impedantie theorie



- De efficiëntie van de afscherming
 - is de verhouding tussen het gepropageerde deel en de inkomende golf.
 - wordt bepaald door het gereflecteerde en geabsorbeerde deel.

Theorie: Verdeling

- Reflectie:
 - Wordt bepaald door de relatieve mismatch tussen impedantie van de golf en impedantie van afschermingsmateriaal
 - E-golven hebben hoge impedantie ($>377[\Omega]$)
 - Goede geleiders hebben een lage impedantie
 - Vele metaalsoorten zijn goede reflectoren voor elektrische golven.

Theorie: Verdeling

- Propagatie
 - Wanneer de impedantie van de EM-golf in de buurt ligt van het (afschermings)materiaal, zal de golf door het materiaal propageren.
- Absorptie
 - Bij H-golven ($Z < 377 \text{ } [\Omega]$) zal de impedantie mismatch kleiner zijn en de reflectie dus ook minder. Als het gaat om magnetische velden is absorptie dus de kritische factor.

Theorie: Kwantiseren

R.B. Cowdell, IEEE EMC Symposium Record (1967)

Ralph E. Taylor, NASA SP-3067 (1971)

Louis T. Gnecco, Design of Shielded Enclosures: Cost-Effective Methods to Prevent EMI (2000)

- E-field reflection loss

- $R_E = 354 - 10 \log_{10} \left[\frac{\mu f^3 r^3}{G} \right]$

- Waarbij: μ = relatieve permeabiliteit
 G = conductiviteit t.o.v. koper
 f [Hz] = frequentie
 r [inch] = afstand tot de bron

Theorie: Kwantisieren

- Voorbeeld:
 - Frequentie: 150 [MHz]
 - Materiaal: 8 [mil] ofwel: 0.2 [mm] blik (cold rolled steel)
 - Afstand: 0.1 ["] ofwel: 2.5 [mm]
- Nomogram

Theorie: E-field reflection loss

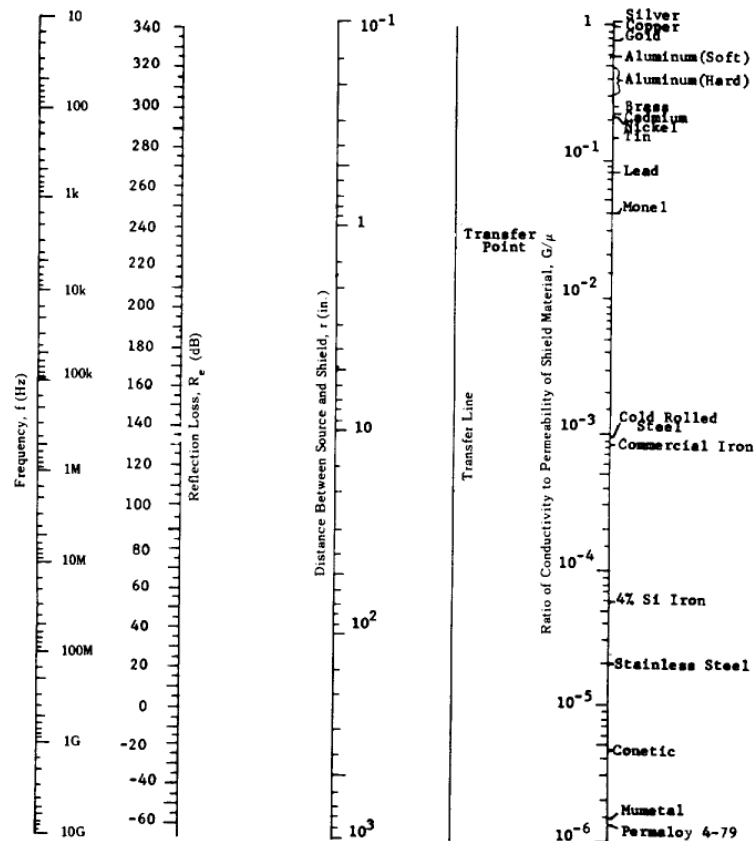


Figure 2.1.—Nomogram for determining electric field reflection loss. (After R. B. Cowdell, 1967 IEEE EMC Symposium Record)

Theorie: E-field reflection loss

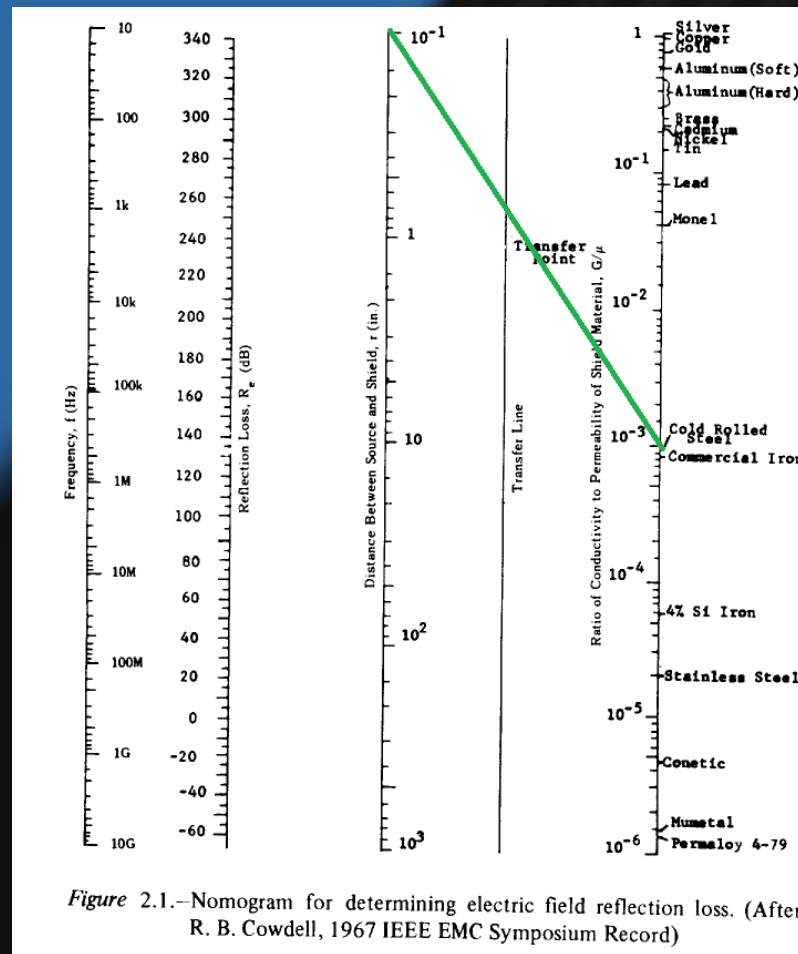
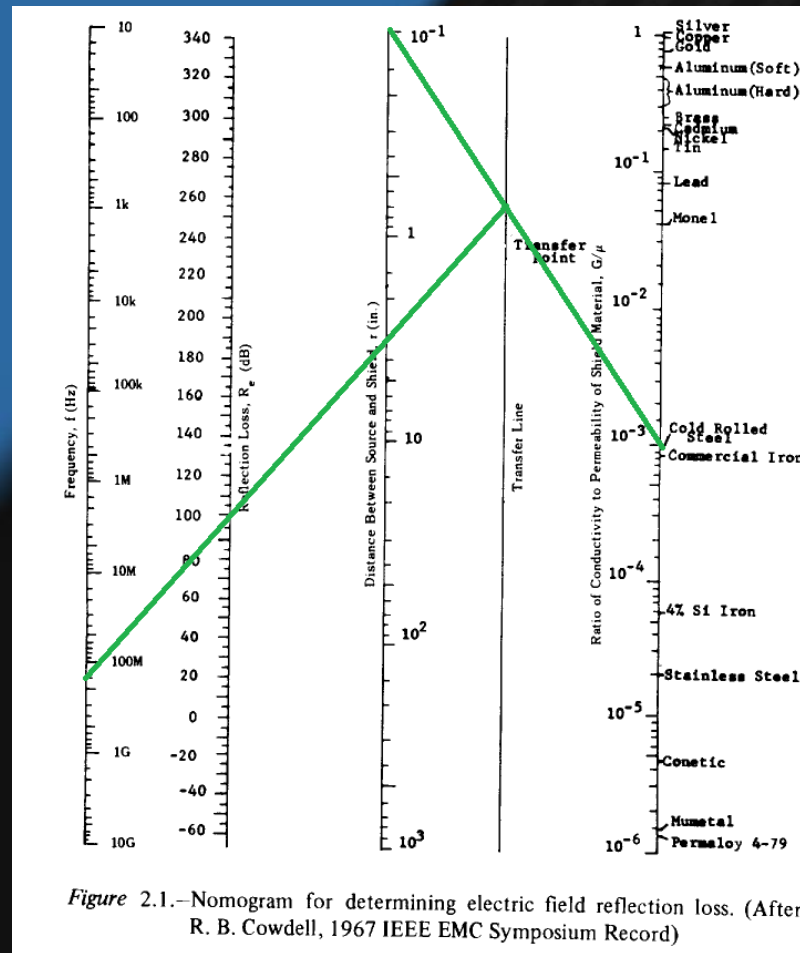


Figure 2.1.—Nomogram for determining electric field reflection loss. (After R. B. Cowdell, 1967 IEEE EMC Symposium Record)

Theorie: E-field reflection loss

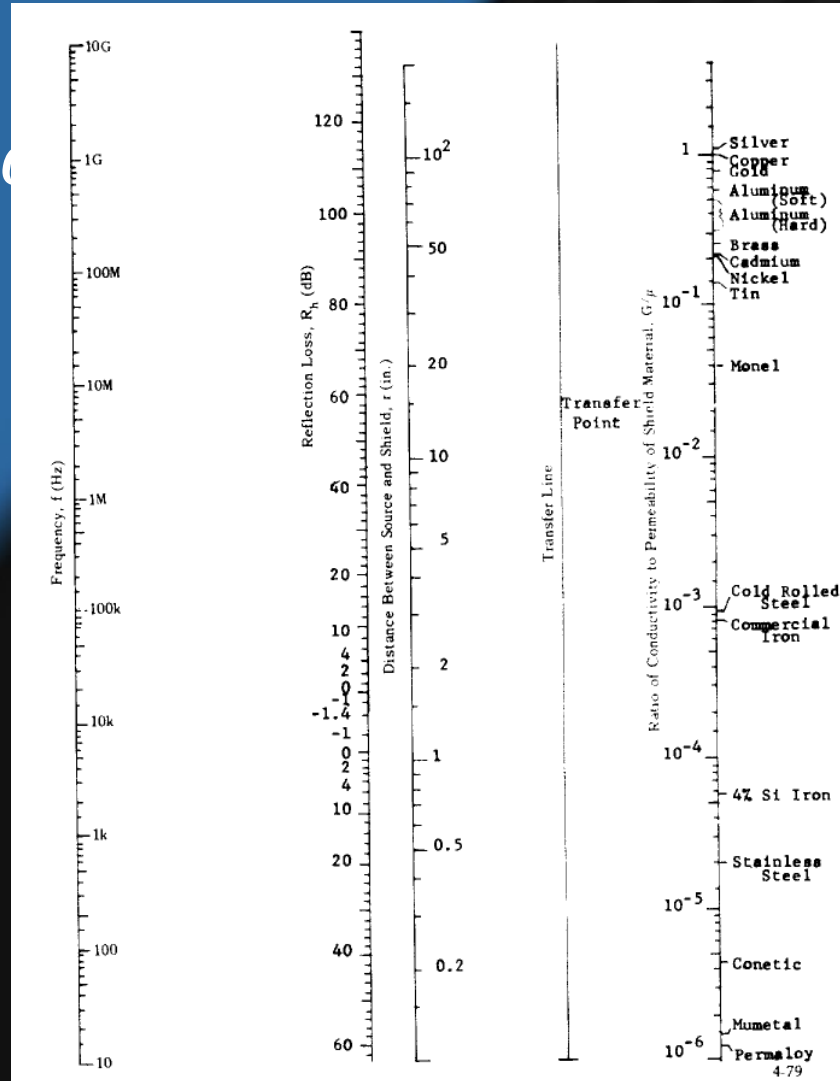


≈ -95 [dB]

Figure 2.1.—Nomogram for determining electric field reflection loss. (After R. B. Cowdell, 1967 IEEE EMC Symposium Record)

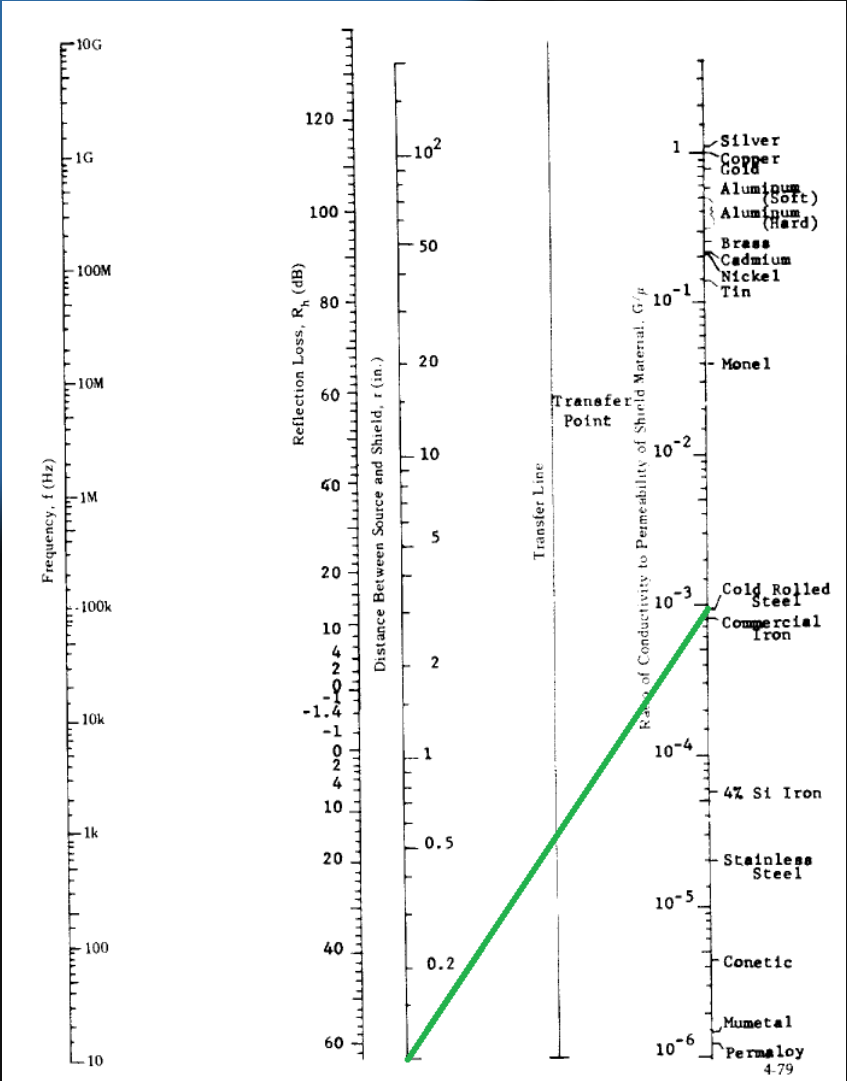
Theorie: H-field reflection loss

- $R_H = 20 \log \left[\frac{fG}{\mu} + 0.354 \right]$

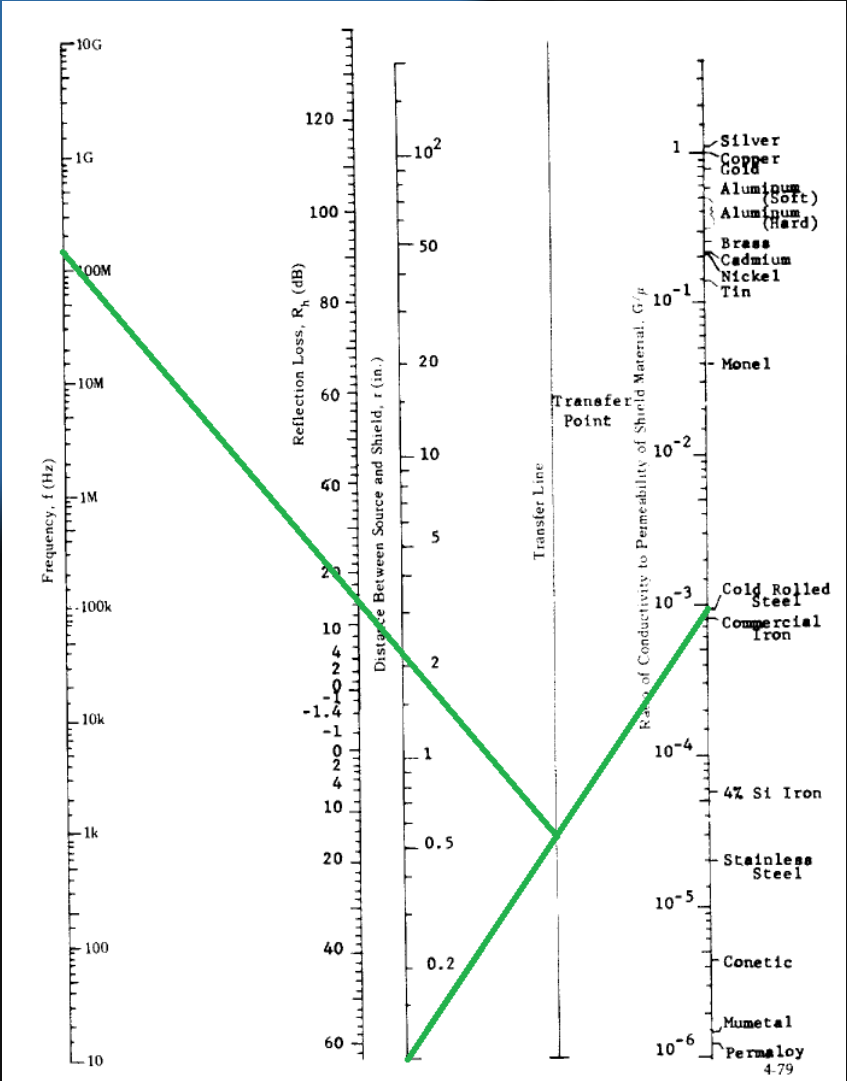


$$\left[\frac{fG}{\mu} + 0.354 \right]$$

Theorie: H-field reflection loss



Theorie: H-field reflection loss



≈ -15 [dB]

Theorie: Plane wave reflection loss

We spreken over een plane wave wanneer:

- De afstand tussen bron en afscherming tenminste één golflengte is.

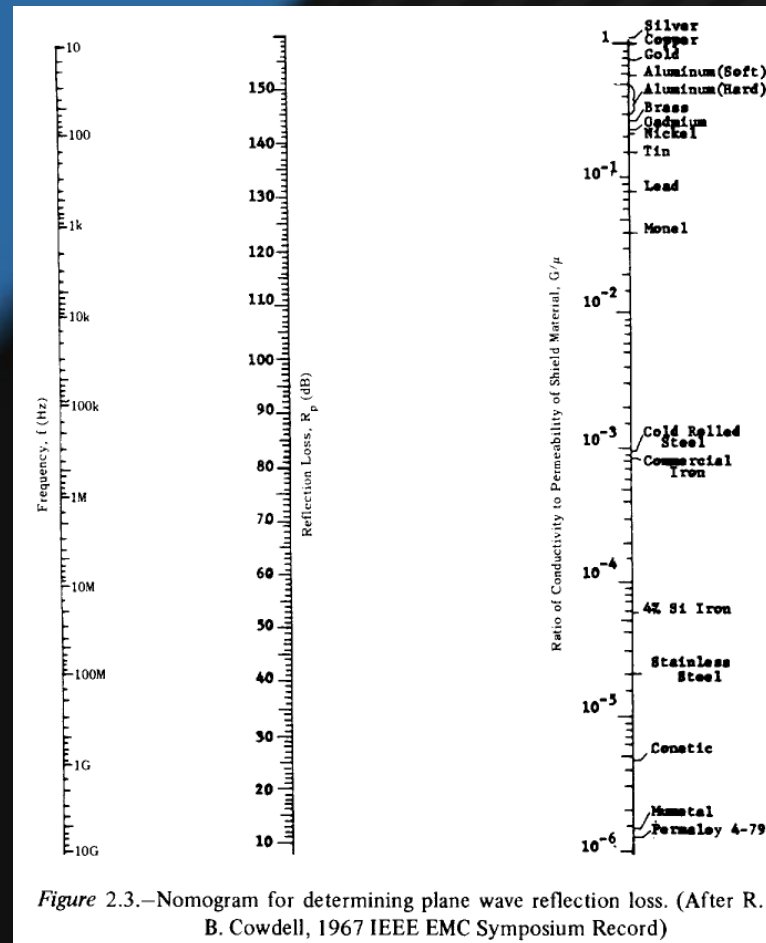
Of

- De afstand tussen bron en afscherming tenminste D^2/λ waarbij D de grootste afmeting van het bron-object is.

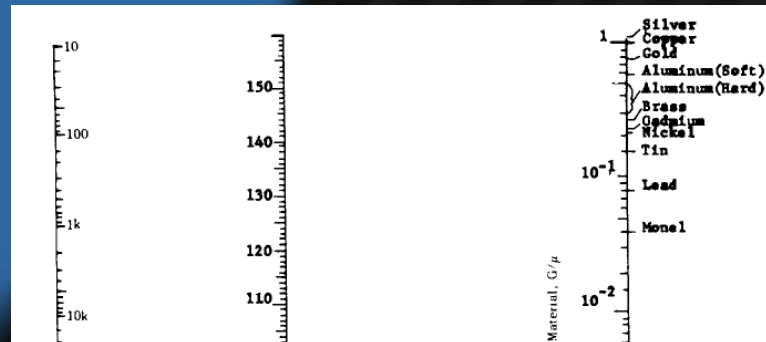
- De impedantie van een plane wave is: $377 [\Omega]$

- Formule:
$$R_p = 168 + 10 \log_{10} \left(\frac{G}{\mu f} \right)$$

Theorie: Plane wave reflection loss



Theorie: Plane wave reflection loss



In het voorbeeld is: $\lambda = 2$ [m] terwijl de afstand 2.5 [mm] bedraagt. De afscherming heeft dus niet te maken met een plane wave.

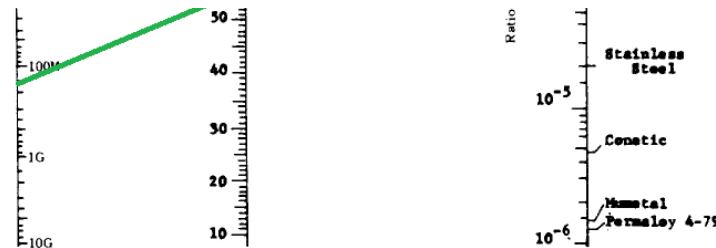
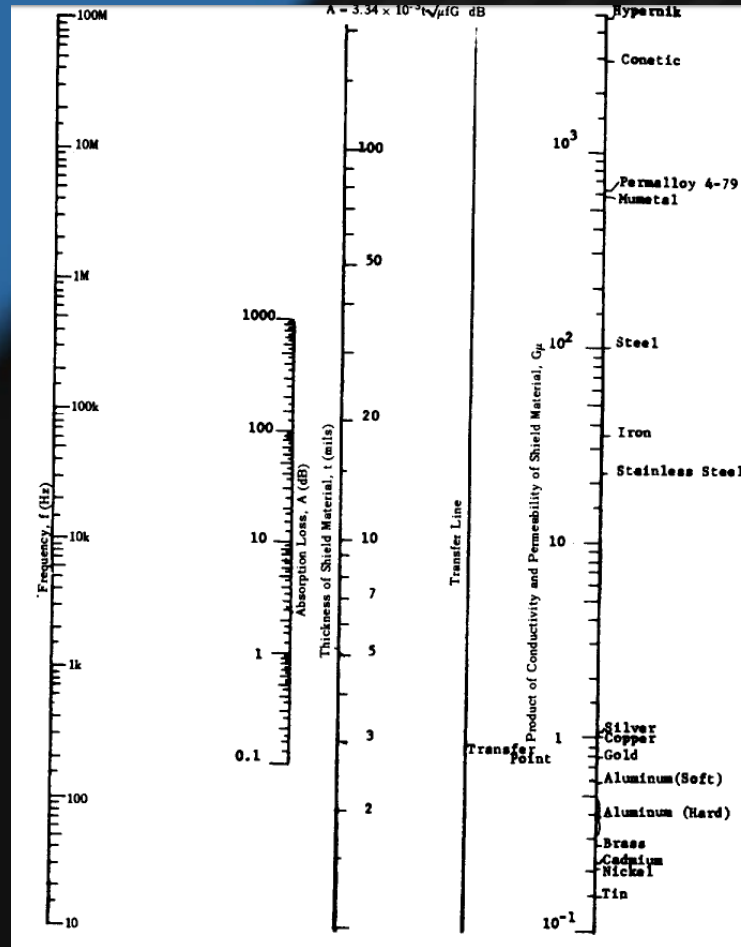


Figure 2.3.—Nomogram for determining plane wave reflection loss. (After R. B. Cowdell, 1967 IEEE EMC Symposium Record)

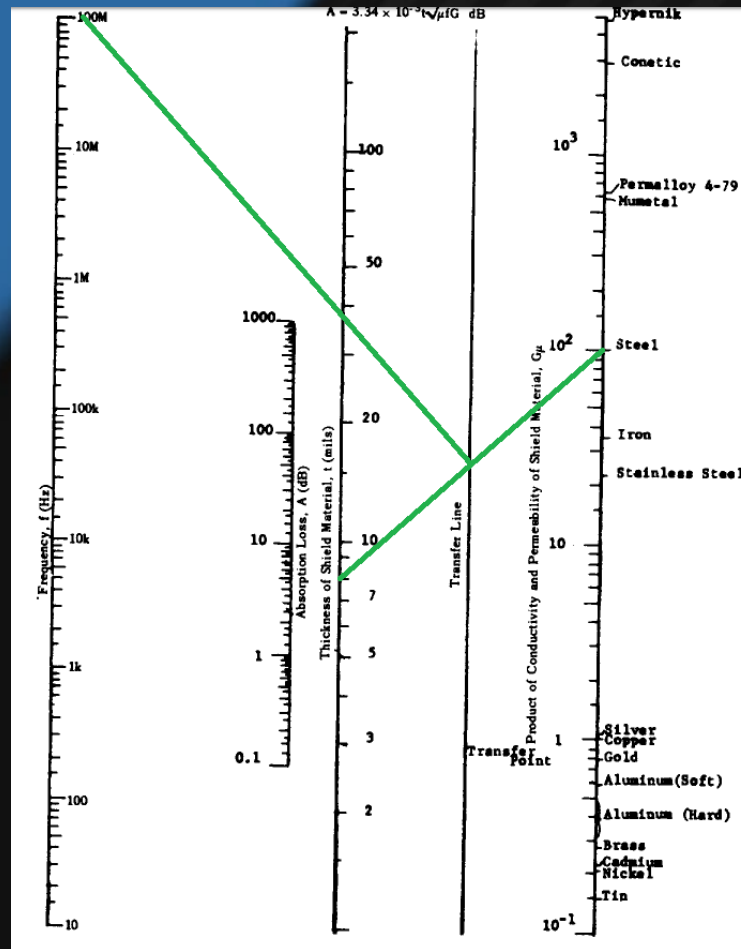
Theorie: Absorption loss

- Onafhankelijk van golfimpedantie of afstand tussen bron en afscherming
- Materiaaldikte direct proportioneel van belang
- Formule: $A = 3.34 \times 10^{-3} t \sqrt{\mu f G}$
- Waarbij: t [mils] = materiaaldikte

Theorie: Absorption loss



Theorie: Absorption loss



In het voorbeeld
Off the scale !

In de Praktijk: Materiaal

- Vertind staal:
 - Goedkoopst, wordt veruit het meest toegepast.
 - Zeer goed soldeerbaar.
 - De tinlaag beschermd tegen corrosie.
- Nickel Silver – Copper Alloy 770:
 - Nederlandse naam: Alpaca.
 - Wordt ook wel Duits zilver genoemd terwijl het een koper-legering is welke helemaal geen zilver bevat.
 - Wordt veel gebruikt in meerdere componenten die op een PCB zijn terug te vinden.
 - Zeer goed soldeerbaar.
 - Goede corrosieresistentie.

In de Praktijk: Materiaal

- Fosfor-Brons:
 - Zeer sterke koper-legering.
 - Amper magnetiseerbaar.
 - Kan zowel: Niet geplaatst, alsook Vertind worden geleverd.
- Mu-Metaal
 - Niet magnetiseerbaar.
 - Zeer geschikt voor lage-frequentie applicaties.
 - Duurder door uitgloeiproces

In de Praktijk: Materiaal

- Overig leverbaar:

- Koper
- Messing
- Beryllium-koper
- RVS
- Etcetera...

- Dikte

Niet gelimiteerd tot maar veelal gebruikte diktes:
0.2 – 0.4 [mm].

In de Praktijk: Openingen

- Bijvoorbeeld:
 - Ventilatie openingen
 - Castelations
 - Constructie technisch

- Stelling:

Wanneer $\lambda \ll \emptyset \rightarrow$ ongehinderde propagatie

Andersom: Wanneer $\lambda \gg \emptyset \rightarrow$ geen propagatie

In de Praktijk: Oeningen

- Wanneer λ en de grootte van de opening bij elkaar in de buurt komen, bepalen we de 'cutoff golflengte λ_c '
 - Bij een rechthoekige opening waarbij 'a' de langste zijde is, kunnen we stellen dat ' $\lambda_c = 2 \cdot a$ '.
 - Bij een ronde opening waarbij 'd' de straal van de opening is, kunnen we stellen dat ' $\lambda_c = 1.71 \cdot d$ '.
- Veelal 2 vuistregels:
 - $\lambda_c \leq \lambda_s / 20$ en $\lambda_c \leq \lambda_s / 50$
 - Welke regel in de praktijk het meest geschikt is, hangt af van de applicatie en de gewenste mate van afscherming.

Praktijk: PCB afscherming systemen

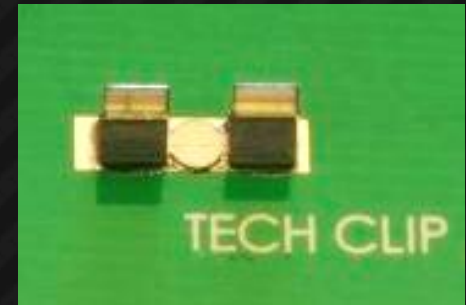
- Eén deel.
 - Eenvoudig te ontwerpen.
 - Vele standaardafmetingen alreeds beschikbaar.
 - Eventuele opties zoals: ventilatieopeningen en castelations.
 - Verkrijgbaar op tape & reel voor éénvoudige montage.



Praktijk: PCB afscherming systemen

Twee delen: PCB Tech Clip

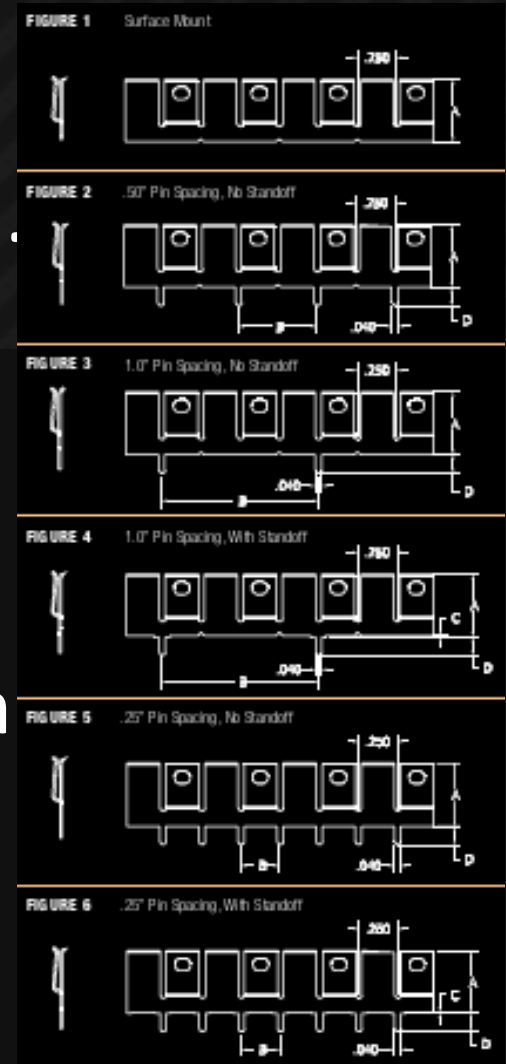
- Buitengewoon makkelijk in de prototype fase.
- Verschillende afmetingen beschikbaar.
- Heeft een Pick-Up Spot, is op tape en reel beschikbaar
- Richting de productie-fase hoeft het ontwerp dus niet te worden aangepast.



Praktijk: PCB afscherming systemen

Twee delen: Fence and Cover

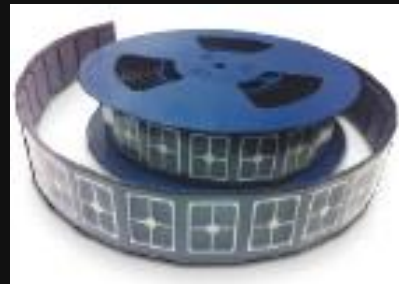
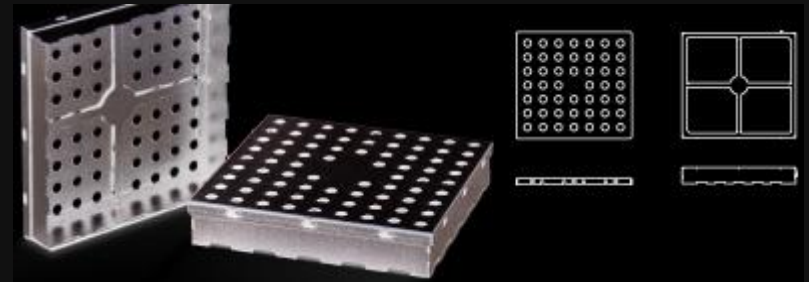
- Fence met repeterend patroon.
- Wordt omgevouwen volgens pitch.
- Verschillende patronen en opties.
- Verschillende hoogtes va. 3,3 mm.
- Deksel elke willekeurige hoogte.
- Fences zijn al ontworpen dus geen toolingkosten.



Praktijk: PCB afscherming systemen

Twee delen: Slot-Lok

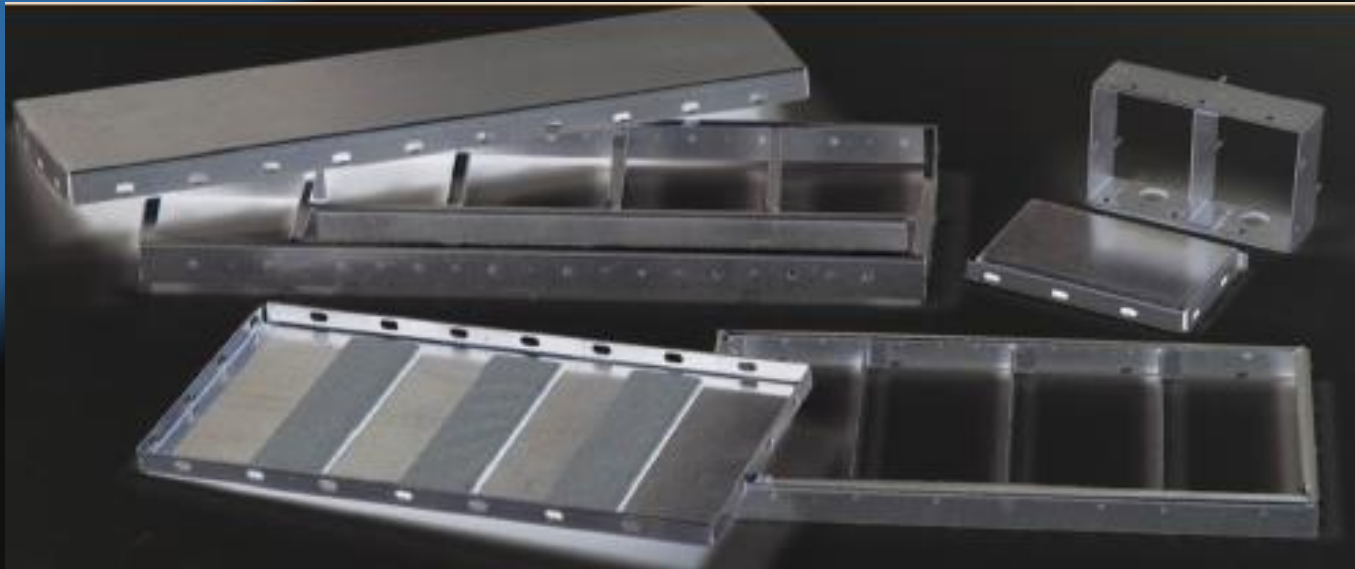
- Frame en deksel.
- Dimples houden het deksel vast.
- Low profile mogelijk.
- Pick and Place.
- Tape and Reel



Praktijk: PCB afscherming systemen

Twee delen: Multicavity

- Labyrint met deksel.
- Zachte elektrische verbinding tussen deksel en tussenwanden.



Praktijk: Bevestiging op PCB

- Bijna alle afscherming-systemen zijn automatisch op de PCB te plaatsen.

Praktijk: Bevestiging op PCB

Soldeermasker stencils

- Grote productie → mesh met epoxylaag
 - Duur en lange levertijd.
- Oude stenciltechnologie → metalen stencil
 - Goedkoop.
 - Dunne metaalplaat met openingen op de lokaties waar pasta terecht moet komen.
 - Kleinere PCB oplages of hobbyist.

Praktijk: Bevestiging op PCB

Soldeermasker stencils: metalen stencil

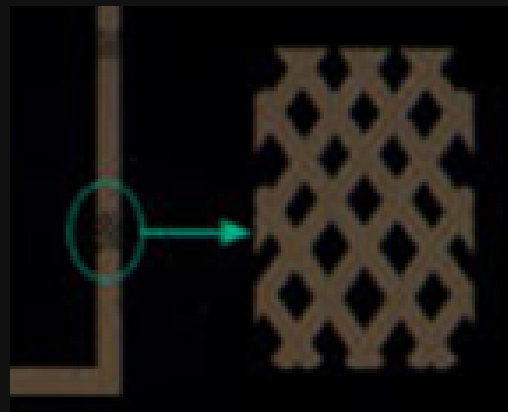
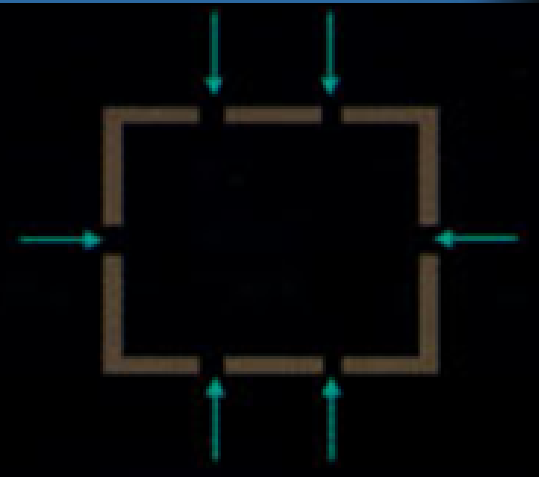
- Een PCB afscherming is het liefst helemaal omsloten.
- Echter, het binnenvlak moet vastgehouden.
- Bevestigings-verbindingen: Blow holes.
- Oplossing:



Praktijk: Bevestiging op PCB

Soldeermasker stencils: metalen stencil

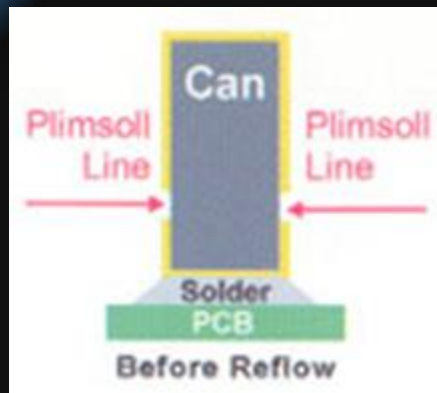
- Verbindingen perforeren
- Er wordt dan toch wat soldeer paste gedeponeerd wat tijdens het reflow proces wordt gedistribueerd.



Praktijk: Bevestiging op PCB

Plimsoll line

- Metalen PCB afscherming kan tijdens reflow proces snel en veel warmte opnemen.
- Als gevolg kan het soldeer van de pad af en langs de wand omhoog trekken.
- Oplossing: Plimsoll line fungeert als barrière tegen omhoog migrerend soldeer.



Fabricage methoden

- Wat kost dat dan?

Wat kost dat dan?

- Afhankelijk van de fabricagemethoden.

Wat kost dat dan?

Fabricagemethoden

- Lasersnijden:
 - Geen of lage toolingkosten.
 - Redelijke stuksprijs.
- Etsen:
 - Lage toolingkosten.
 - Redelijke stuksprijs.
 - Betere rillijnen.
 - Logo's en andere opdrukken mogelijk.
- Stanzen:
 - Hoge toolingkosten.
 - Zeer lage stuksprijs.

Uitbreidingmogelijkheden

- Absorbermaterialen:
- Echter, absorbermaterialen zijn voornamelijk effectief in het far-field gebied.
- De werking zal niet optimaal zijn.
- Of het voldoende is voor uw applicatie kan louter proefondervindelijk worden bepaald.

Uitbreidingmogelijkheden

- Thermisch management:
- Ventilatie gaten
- In meerdere configuraties mogelijk
- Denk daarbij aan golflengte van af te schermen signaal

Uitbreidingmogelijkheden

- Thermisch management:
- Thermische Interface materialen
- Aan binnenkant van de PCB afscherming:
 - Zacht THERM-A-GAP interface materiaal i.c.m. Slot-Lok PCB afscherming
 - Niet-vormvaste THERM-A-GAP (Putty) TPS60, modder-achtig, neemt elke vorm aan

Uitbreidingmogelijkheden

- Thermisch management:
- Thermische Interface materialen
- Aan buitenkant van de PCB afscherming:
 - Zacht THERM-A-GAP interface materiaal welke in verbinding wordt gebracht met bijvoorbeeld de behuizing.
 - T-wing heat spreader.

Samenvatting

- PCB afscherming systeem en materiaal zijn afhankelijk van de toepassing en de geometrie
- Kosten zijn afhankelijk van de fabricagemethode.
- Uitbreidingsmogelijkheden.

Vragen?

Bedankt

