4.3 シールドとノイズ除去

しゃへい（shielding），絶縁（isolation），ろ波（filtering），接地（grounding）

（A）遮蔽：シールド

・ シールド効果の基準目安

シールド性能	効果
10 dB 以下	ほとんど効果なし
10～30 dB	最小限の効果
30～60 dB	平均（携帯電話圏外レベル）
60～90 dB	平均以上
90 dB 以上	最高水準

・ （電磁）シールドとシールドルーム

空間に伝搬する電磁波および，電源及び信号ケーブルを通して漏洩する電波ノイズをシールドする。特に扉・窓・空調口などの開口部もシールド対策が重要。 周波数範囲：10 kHz～40 GHz

・ シールド材料

1. 電界遮蔽：導電率の高い金属：
   銅 1.72×10^{-8} Ωm，アルミ 2.75
2. 磁界遮蔽：比透磁率が高い金属：
   鉄 300，ニッケル 250，パーマロイ 10000

・ 電磁波シールド効果(SE)

シールド材に入射した電磁波と透過電磁波の比

SE=-20log(Eo/Ei) =-10log(Po/Pi)

SE:シールド性能(dB)

Ei:入射電界(V/m)　Eo:透過電界(V/m)

Pi:入射電力 (W)　Po:透過電力 (W)

・ 電波吸収体

（電磁波エネルギーの熱エネルギーへの変換）

1. 導電性電波吸収材
   抵抗体、抵抗皮膜でこれに流れる導電電流
2. 誘電性電波吸収材
   カーボンゴム，カーボン含有発砲ウレタンなど
3. 磁性電波吸収材
   フェライト（0.3 GHz～1.5 GHz）

（B）絶縁トランス

絶縁を目的として使用するトランス

ノイズの種類

・ノーマルモードノイズ（線間モードノイズ）

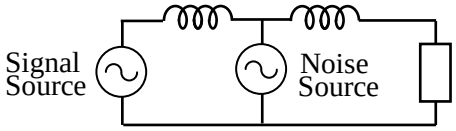
・コモンモードノイス（共線モードノイズ）

・ **絶縁トランス**：一次コイルと二次コイルの間が絶縁されており，一次側の電圧・電流が直接二次側に伝わらない構造

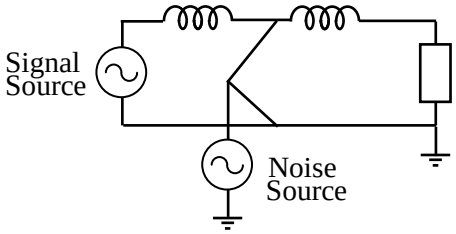
・ **シールドトランス**：絶縁トランスの構造に加え，静電遮蔽板を設けて一次電圧・電流に含まれる高周波成分が分布静電容量を介して二次側に伝搬するのを防ぐ構造

・ **ノイズカットトランス**：絶縁トランスの構造に加え，遮蔽板を設け，さらに磁心に高周波で実効透磁率が低下する材料を使用した構造

コモンモードノイズ

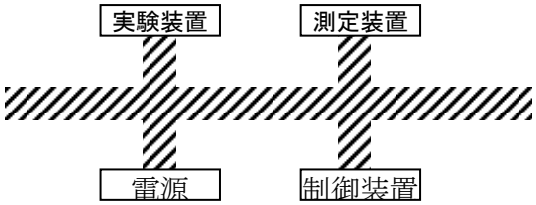


ノーマルモードノイズ



(C)接地:ループを作らない接地線配置
ループがあると，ノイズ電波により誘導電圧発生
接地に沿って信号線を配置，光利用がベスト

※二重シールド
方法，効果，ノイズの伝わる経路，ノイズ除去の考え方



ノイズ対策のまとめ
(A)しゃへい:シールドルーム，二重シールド同軸ケーブル，測定器はシールドルーム内へ
(B)絶縁:測定器には絶縁トランス，電源からのノイズを防ぐ，電位変動の影響を防ぐ
(C)接地:電位変動を押さえる，
(D)ろ波:電源からのノイズを除去，フェライトコアに同軸ケーブルを巻き付ける，コモンモード除去

4.4 光学的測定

光学的媒質の外力による屈折率変化を計測

$n=\sqrt{\dfrac{\varepsilon\mu}{\varepsilon_0\mu_0}}$ (refractive index change)

$\Delta N=\alpha+\beta F+\gamma F^2+\cdots$

$\Delta N=Nx-Ny$

・電圧(電界)計測:電気光学効果
透明な固体や液体に電場を加えたとき，屈折率が変化する現象
・電流(磁界)計測:磁気光学効果
分子や結晶の光学的性質に対して磁場が及ぼす効果の総称

電気光学効果

・ ポッケルス効果(Pockels effect)

$\Delta N=N_0{}^3 r_p E$，N_0 屈折率，r_p ポッケルス定数

屈折率変化は電界の大きさの1乗に比例
ポッケルス効果素子(ポッケルス定数と屈折率)
$LiNbO_3$(8.6×10^{-12} m/V，2.29)
KD_2PO_4(KDP) (11×10^{-12} m/V，1.5)など
カー効果(Kerr effect)電界の 2 次項
$\Delta N=\lambda r_k E^2$，λ 波長，r_k カー定数
屈折率変化は電界の大きさの2乗に比例
カー効果素子(カー定数と比誘電率)
C_6H_6(0.7×10^{-14} m/V^2，2.3)
H_2O(3～5×10^{-14} m/V，80)
CS_2(液体):パルスレーザー光の電場利用で応答時間約 2×10^{-12}s (カー効果シャッター)

磁気光学効果

・ ファラデー効果(Faraday effect)

$\Delta N=\dfrac{\lambda}{\pi}V_e H$，または $\theta=V_e LH$

V_e ヴェルデ定数，
θ:磁場中にある厚さ L の透明媒質中を直線偏光が磁場と平行に伝播するときの偏光面回転角

ファラデー素子(ヴェルデ定数と波長)
鉛ガラス(4.85×10^{-2}min/A，589.3 nm)
溶融石英(2.09×10^{-2}min/A，589.3 nm)
(理科年表 525)

レーザ干渉法

プラズマの屈折率はプラズマ密度で変化

プラズマの屈折率

$N=\sqrt{1-\frac{f_p}{f}}$ ここで，$f_p=\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{e^2 n_e}{\varepsilon_0 m_e}}$

（$f_p \approx 900\sqrt{n_e}$，$n_e$ =10^{13} cm^{-3}，$f_p \approx 28$ GHz）

プラズマ通過と非通過の光の位相差角は

$\Delta\phi \approx (kN-k)L$，

波数 $k=2\pi/\lambda$，波長 λ，プラズマ領域長 L。

プラズマ通過の光と，非通過の光を合わせると干渉する（強度変化が起こる）

- マッハツェンダー干渉計
- マイケルソン干渉計

密度勾配をもつ媒質に光入射

屈折角は

$$\alpha=\int_0^{\ell}\frac{1}{N}\frac{\partial N}{\partial x}dy$$

密度 n の気体の屈折率は Gladstone – Dale の式

$N=1+\beta\frac{n}{n_0}$，n_0 は 0℃，1 気圧の密度，

β 定数（空気で 2.92e-4）

- シュリーレン：密度の変化に比例
- シャドウグラフ：密度の2回微分に比例，大まかな密度勾配の観測に適する