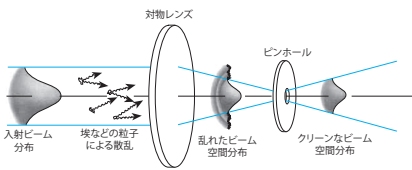


スペイシャルフィルタ

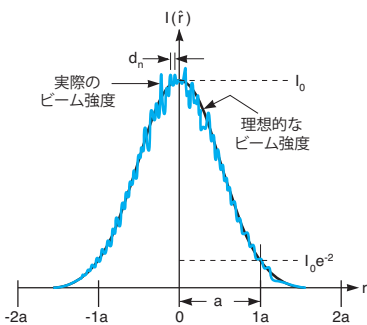
Spatial Filters



スペイシャルフィルタは、レーザービームの強度分布から不規則な変動を取り除くための有効な手段です。これによって解像度が大幅に向上しますので、ホログラフィーや光情報処理などでは特に大きな役割を果たします。

レーザービームの強度には、光学的な欠陥や空気中の微小粒子などによる散乱からばらつきが生じます。これは、カード上にレーザービームを拡大することによって確認できます。スペックルが様に分布した理想的なパターンの一部欠落、あるいはパターン上に生じる渦状パターンやリングなどが空間ノイズです。

空間フィルタリングの概念は単純です。コリメートされた理想的なコヒーレント・レーザービームは、距離の離れた点光源から発したかのような特性を示します。空間フィルタリングを行う場合は、ビームをフォーカシングし、ビーム外周部に光学経路上のすべての欠陥をデフォーカスした状態で「光源」の像



$$I(r) = I_0 e^{-2\left(\frac{r}{a}\right)^2} \quad \text{where } I_0 = \frac{2P_t}{\pi a^2}$$

$$I_{\text{ACTUAL}} = I(r) + \Delta I_{\text{NOISE}}$$

$a = I_0 e^{-2}$ におけるビーム半径

P_t = レーザービームの総出力

d_n = ノイズ強度変動の平均「波長」

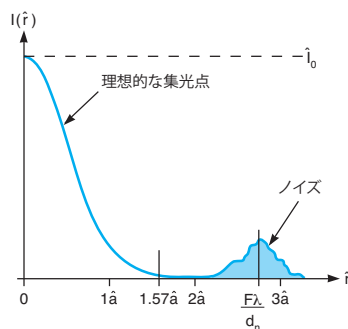
$d_n < a$

を生成する必要があります。これら外周部のノイズは、そのほとんどがピンホールによって遮断されます。

理想的なガウシアンレーザービームの強度分布 $I(r)$ は、散乱によって生じる強度変動 ΔI によって乱れたものとなります。 ΔI の変化の周期は非常に短く、ビーム半径 a よりもはるかに小さい平均距離 d_n 内で変化します。この距離 d_n は、レーザービームノイズの平均空間波長と呼ばれます。

ガウシアンビームを焦点距離 F の正のレンズでフォーカシングすると、焦点面上の像（オプティカルパワースペクトル-OPS）はビームに現われる空間波長の「マップ」を逆転させたものになり、短波長のノイズ (d_n) は光学軸から半径 $F\lambda/d_n$ の同心円上に現われます。理想的なガウス分布の長空間波長は、光学軸上に直接像を結びます。

これに対し、光学軸に中心を合わせてピンホールを配置することによって、外周部の不要なノイズを遮断してレーザーエネルギーの大部分を通過させることができます。直径 D のピンホールを通過する出力は、次の式で求められます。



$$I(\hat{r}) = \hat{I}_0 e^{-2\left(\frac{\hat{r}}{\hat{a}}\right)^2} \quad \hat{a} = \frac{\lambda F}{\pi a}$$

ここで、 F = 対物レンズの焦点距離

λ = レーザー波長

\hat{r} = OPS内の半径距離

$\hat{a} = I(\hat{r}) = \hat{I}_0 e^{-2}$ におけるOPSガウスビームの半径

$$\frac{P(D)}{\text{Total Power}} = 1 - e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\pi a D}{\lambda F}\right)^2}$$

また、ピンホールを通過する最小ノイズ波長は次の式で求められます。

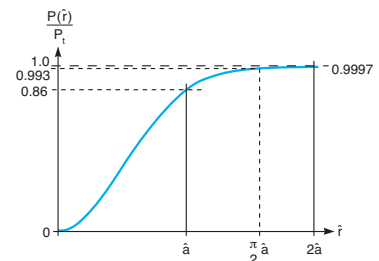
$$d_{n(\min)} = 2 \frac{F\lambda}{D}$$

Newportとしては、直径 D_{opt} のピンホールをお勧めします。

$$D_{\text{opt}} = \frac{F\lambda}{a}$$

このピンホールは、総ビームエネルギーの99.3%を通過させ、 $2a$ すなわち最初のビーム直径よりも短い空間波長を遮断します。 d_n はビーム直径に較べてはるかに小さい値なので、フィルタリングされたビームは理想的な分布に極めて近いものとなります。

選択がしやすいように、最適なピンホールと対物レンズの組み合わせをセレクションガイドの表にまとめました。P162とP164を参照してください。



- D = ピンホール直径
- F = 対物レンズの焦点距離
- a = レンズ入力ビームの半径

$$D_{\text{opt}} = \frac{\lambda F}{a}$$