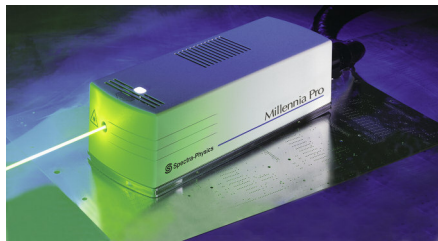


連続波レーザー

Laser Damage Threshold



Continuous Wave Lasers

連続波 (CW) レーザーの損傷しきい値は、ピーク出力とビーム直径から計算することができます。たとえば、波長1064 nm、直径0.8 mm、出力50 mWのNd : YAGレーザーの出力密度を計算するには、まずビーム面積をcm²単位で計算します。

ビーム面積

$$\begin{aligned} &= \pi r^2 \\ &= 3.14 \times (0.4 \text{ mm})^2 \\ &= 3.14 \times (0.04 \text{ cm})^2 \\ &= 5.024 \times 10^{-3} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

次に出力密度、つまり単位面積あたりの出力を計算します。

出力密度

$$\begin{aligned} &= \text{出力} / \text{面積} \\ &= 50 \text{ mW} / (5.024 \times 10^{-3} \text{ cm}^2) \\ &= 9.95 \text{ W/cm}^2 \end{aligned}$$

強度がガウシアン分布になっているレーザービームの場合、安全のためホットスポットには出力密度の2倍のエネルギーが加わるものとします。損傷しきい値は波長と共に変化しますので、532 nmにおける損傷しきい値は、1064 nmにおける値の半分になります。

パルスレーザー

マイクロ秒 (μsec) からナノ秒 (nsec) 範囲のパルスレーザーでは、エネルギー密度は時間領域の平方根の関数として変化します。概算では、光学コンポーネントを1 μsec/パルスレーザーで使った場合は、

10 nsec/パルスレーザーで使った場合の10倍のエネルギーに耐えることができます。たとえば、ある光学コンポーネントの10 nsec/パルスに対する損傷しきい値が2 J/cm²で、使っているレーザーのパルス長が1 μsecだとします。この場合、1 secの時間領域 (10 × 10⁻⁹秒に対し10⁻⁶秒) においては、その光学コンポーネントは10倍のエネルギー (20 J/cm²) に絶え得ることを意味しています。

レーザー損傷しきい値 (LDT) は次の式で表わされます。

$$\text{LDT}(y) = \text{LDT}(x) * (y/x)^{1/2}$$

上の計算式のxを1 secまたは10⁻⁶ secとし、yを10 nsec または10 × 10⁻⁹ sec とした場合

$$\begin{aligned} &= 2 \text{ J/cm}^2 * (10^{-6} \text{ sec} / 10 \times 10^{-9} \text{ sec})^{1/2} \\ &= 2 \text{ J/cm}^2 * (100)^{1/2} \\ &= 20 \text{ J/cm}^2 \end{aligned}$$

パルスレーザーと連続波レーザーの間の領域 (ミリ秒の範囲) においては、平均出力とCWしきい値を比較し、さらにパルスエネルギー密度とエネルギー仕様を比較します。

ミリ秒の時間領域ではパルスとCWの領域が重なる部分がありますが、この部分では両方の基準を満たす必要があります。

パルスレーザーの場合、出力ビームにホットスポット (特異的にピークが強いエリア) が出る可能性があります。ホットスポットを考慮して、上記で得た値を2~3倍して安全をみて下さい。ガウシアンビームの場合は安全を考えて、2倍して下さい。

ウルトラファーストレザー

ピコ秒 (psec) からフェムト秒 (fsec) 範囲のウルトラファーストパルスレーザーでは、パルスの電界が誘電体コーティングの電子的結合に損傷を与えます。また、ピーク出力は極めて高い値となります。NewportのUF.25ウルトラファースト45°ミラーは、研究室におけるテストを受けており、5 Hz、800 nmの100 fsec/パルスに対し1 TW/cm²の損傷しきい値を持つことが確認されています。