

ビームプロファイル計測

ビームプロファイル計測とは

例えば、レーザ加工において、レーザが加工対象に照射された時、加工点におけるインパクトはレーザビームプロファイル（強度分布）により異なります。また、ホログラフィや顕微鏡などの用途においてはより均一なレーザビームプロファイルが重要なパラメータとなります。

ビームプロファイラを使用することで、使用しているレーザがアプリケーションに最適なものなのかを測定することができます。

また、ホイヘンス＝フレネルの法則により、空間を伝搬するビームはその強度分布を変化させながら進みます。独国 PRIMES 社のフォーカスマニタを使うと、光軸方向にビームプロファイル計測を行うことで使用している光学系においてレーザ光がどのように集光されているのかを知ることができ非常に便利です。

ビームプロファイラの種類

レーザのビームプロファイルを計測する方法として、主にピンホール型（もしくはスリット型）とカメラ型に分類されます。

ピンホール型は PRIMES のフォーカスマニタやビームモニタのようにピンホールでレーザ光を切り取り、フォトディテクタで受光した光量をマッピングすることでビームプロファイル計測を行うものです。最大の特徴は高出力レーザ光を減衰することなく直接計測することができることにあります。

一方、カメラ型はデジタルカメラの各ピクセルで受光したそれぞれの光の強度を表示します。このタイプはレーザ光全体を同時に計測することができるため、レーザのポインティングスタビリティやパワースタビリティに影響されにくい計測が可能となります。

カメラ式ビームプロファイラ

カメラ式ビームプロファイラは、各ピクセルが受講する強度を数値化することにより強度分布を計算するツールです。

カメラしきビームプロファイラはレーザ光全体を一度に受講して計測を行うため、ビームの時間的揺らぎに強いという特徴があります。全体をリアルタイムで計測することができるため、アライメント作業などにも適しています。またピンホール型のプロファイラでは計測が難しいパルスレーザの計測も行うことができます。

一方で、カメラ式ビームプロファイラは受光部の耐光強度が低く、測定するレーザ光を十分に減衰させて計測する必要があります。一般的にはビームスプリッタ（ウェッジ基板）やND フィルタが使われます。そのため、金属溶接や切断などに使用する高出力レーザの場合、最大出力での計測ができない場合があります。

ピンホール式ビームプロファイラ

ピンホール式ビームプロファイラは、ピンホールがビームの一部をサンプリングしながらビーム全体をスキャンするという方式です。

ピンホール式はピンホールを高速にスキャンすることで、高出力レーザのダイレクト測定を可能とします。カメラ式と比較すると減衰なしでもかなりの高出力レーザの計測が可能であることが最大の利点です。

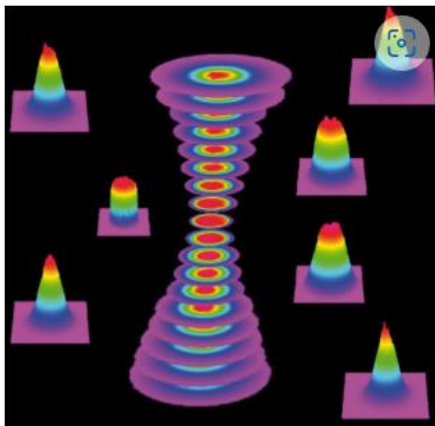
ピンホールがスキャンしながら、ビームの各ポイントをサンプリングしていく方式であるため、ビーム全体を一度に計測することができません。アライメント作業で使う場合はカメラ式と比較すると使いにくい点もあるかと思います。

また、スキャンするという特性上、パルスレーザの計測ができないということもこの方式のデメリットです。

カメラ式、ピンホール式の比較

	カメラ式	ピンホール式
ビーム全体を一括測定	○	×
高出力レーザのダイレクト測定	×	○
CW レーザの測定	○	○
パルスレーザの測定	○	×
弊社の主な製品	MSM HP-MSM LQM 低価格ビームプロファイラ	FM BM

コースティック計測とは



コースティック計測とは、左図のように集光過程の計測を行うことです。コースティック計測を行うことで、レーザの品質（M2 や BPP）や加工時の焦点深度（レイリー長）を知ることができます。この計測はカメラ型、ピンホール型どちらでも行うことができます。測定しながら、カメラ、またはピンホールを光軸上で動かす必要があります。弊社のフォーカスモニタやマイクロスポットモニタといった測定器はこの光軸上の動作機能がついており、ISO に準拠した M2 計測を自動で行うことが可能です。

M2（エムスクエア）

M2 はレーザ光の品質を表すパラメータです。1 を最小とする M2 は数字が小さく 1 に近ければ近いほど、集光性が高いレーザであることを示します。ISO では M2 を以下の式で表します。

$$M2 = \pi \times \omega_0 \times \Theta \div \lambda$$

ここで ω_0 はビームウェスト半径、 Θ はレーザの発散角、 λ は波長です。同じ波長の

レーザで M2 が小さいということは、ビームウェスト系が小さいか、ビームの発散角が小さいということを表します。

BPP (Beam Parameter Product)

BPP も M2 と同様にレーザの品質を表すパラメータで、以下の式で表されます。

$$BPP = M2 \times \lambda \div \pi = \omega_0 \times \Theta$$

レイリー長 (zR)

レイリー長は焦点位置から、集光点のビーム径が $\sqrt{2}$ 倍となる位置までの距離を言います。レイリー長が長いということは光軸方向に焦点がズレたときに加工の品質の変化や、カメラのピントズレなどが起こりにくいことを示します。

直径が $\sqrt{2}$ 倍になるので、パワー密度（エネルギー密度）は半分となります。

以下の式で表されます。

$$zR = \pi \times \omega_0^2 \div \lambda$$