

マクロなビーム形状制御:ビーム整形

Macroscopic beam shape control: beam shaping

中田 芳樹 准教授

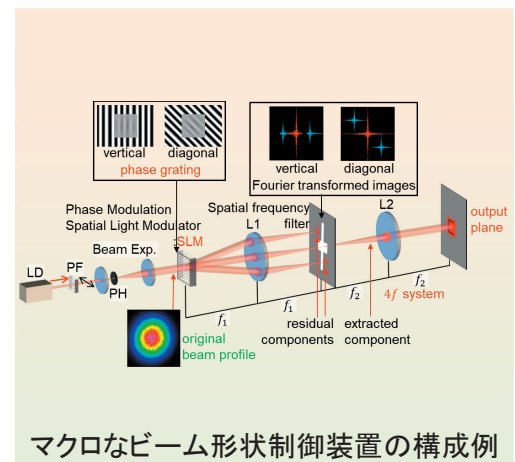
空間周波数フィルタリングの最適化による
超高精度ビーム整形

レーザー技術の応用は基礎科学から産業まで非常に多岐にわたる。そのポテンシャルを最大限発揮するためには、ビームが持つさまざまなパラメーターを最適化する必要があるが、その中で最も重要なパラメーターと言える「光の強度と位相の分布」を精密に制御する技術を開発した。

右図が装置構成例である。空間光変調器 (Spatial Light Modulator: SLM) に周期的な位相分布を持つ「位相グレーティング」を表示し、入射するレーザービームにエンコードする。回折光をフーリエ面で除去し、出力面におけるビーム形状を制御する。ここで位相グレーティングの位相を ϕ_1 、 ϕ_2 とすると、ここでの電界強度と位相は

$$E' \propto E_0 \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \times \exp\left(j\frac{\phi_1 + \phi_2}{2}\right)$$

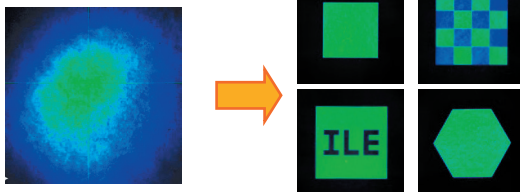
で表されるため、空間的な位相差分布 $\Delta\phi(x, y)$ でビーム整形が可能となる。この時、位相グレーティングの k ベクトルを最適化することで、フーリエ面における除去光と抽出光の完全な空間分離が可能となり、従来法に比べて格段に精度の高いビーム整形が可能になる。



マクロなビーム形状制御装置の構成例

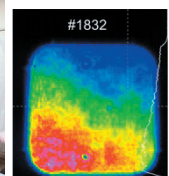
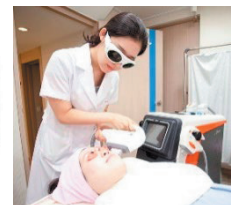
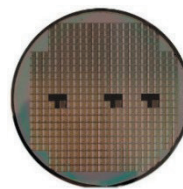
応用1 マクロなビーム形状の整形

従来のビーム整形には空間フィルタリングやCGH、DOE、マイクロレンズアレイなどがあり、フラットトップへのビーム整形が行われてきましたが、精度や波面の乱れ、形状の自由度などに難点があった。一方で本手法は、他の手法より格段に精密なビーム整形と波面制御が可能である (下図: Copyright (2019) Nature)。この技術は、様々なレーザーの応用において、そのポテンシャルを最大限発揮することを可能にしている。

不均一・不均質な
ビームフラットトップやパターン形状
などへのビーム整形の例

応用2 均一・均質なビームの応用

この技術は、均一性や制御性が重視される全ての面積照射に応用できる。例えば、ステップスキヤニングを併用した多ショット大面積加工、さらには皮膚病や美容医療などがある。一方、強度分布が内包されている大型レーザーのビームパターンでは、光学素子のダメージを防ぐために出力を上げることができない。そこで、増幅する前の前段部で最終的なビーム形状がフラットトップになるようビーム整形を行うことで、最大の出力を得ることができま



グループHP

<https://www.ile.osaka-u.ac.jp/ja/groups/research01/plp/>

キーワード

ビーム整形、空間周波数フィルタリング、空間光変調器、フーリエ光学系

