

住友電気工業株式会社

○江畑恵司， 塩崎学，  
京谷達也， 樋口文章，  
難波宏邦

## Focussing Properties of 45 Degree-Off-Axis Parabolic Mirrors

by Keiji Ebata, Manabu Shiozaki, Tatsuya Kyotani,  
Fuminori Higuchi and Hirokuni Nanba

## 1. 緒言

放物面鏡は無収差光学系として注目される一方で調整に敏感という問題がある。本研究では、45度軸外し放物面鏡を中心に、①ミスアライメントによる集光特性（最小スポットサイズなど）への影響、②放物面鏡とともに使用されるZnSeウインドーの熱誘起光学歪みによる放物面鏡の集光特性への影響を示した。

## 2. 実験装置

本研究に使用したレーザの特性をTable 1に示す。また、実験装置の構成図を図1に示す。種々の軸外し角の放物面の集光特性を先端に10 $\mu$ mのピンホール加工されたニードルが高速回転しながらレーザ光をスキャンするレーザスコープを用いて測定した。

## 3. 実験結果と考察

図1に示したように軸外し角が小さくなるに従って、最小スポットサイズのミスアライメントに対する変化が鈍感になることがよくわかる。図2は、入射面(X)とそれに垂直な面(Y)内における集光ビームの断面長さの変化を示したものである。ミスアライメントによって各断面長さの最小位置が異なるため、集光スポットの形状は焦点位置の前後で楕円化する。また、この比率(X/Y)のミスアライメントに対する変化は、図3に示したように軸外し角が小さい程鈍感になる。

理想光学系（無収差）の場合、レーザ光の伝播は解析的に導くことができる。図4は、今回使用したレーザの特性値から求めた集光特性の解析値と正確に調整された45度軸外し放物面鏡の実測値との比較を示したものである。レーザ特性値(M<sub>2</sub>、W<sub>0</sub>、Z<sub>0</sub>)を把握することによって、放物面鏡などの理想光学系においては、出力に応じた集光特性を十分予測できることがわかった。

ZnSeウインドーをレーザ光が通過すると熱誘起光学歪みが発生して、レーザ光の性質が変化することが報告されている。図5は、この光学歪みによって放物面の焦点位置が短くなることを示したものである。これは、光学歪みにより本来無限焦点系であるウインドーが有限な焦点位置を持つためである。以上、放物面鏡の集光特性の調査により、

1. 集光特性はミスアライメントに非常に敏感であるが、軸外し角の小さくことでかなりの許容差を生み出せることを示した。レーザ溶接などによく使用される比較的長い焦点距離(254mm)では、軸外し角45°までの加工ヘッドの製作が可能である。

2. 正確に調整された放物面鏡は、照射されるレーザ光の特性値を把握することによって、その集光特性を十分予測できることを示した。また、透過光学部品の熱誘起光学歪みは、放物面鏡の集光特性に影響を与えることを示した。

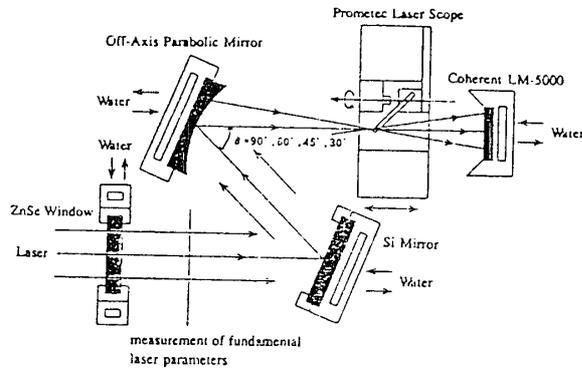


Figure 1. Schematic of setup experimental.

Table 1  
Fundamental parameter describing the propagation of laser beams (each mode)

Mode	TEM00		TEM01*	
	Power (W)	370	1250	370
M2	1.15	1.14	2.4	3.54
2W0 (mm)	7.78	7.36	12.802	16.704
Z0 (m)	12.993	12.452	14.162	14.064

(M2: times-diffraction-limit number, W0: waist size, Z0: waist location from mirror)

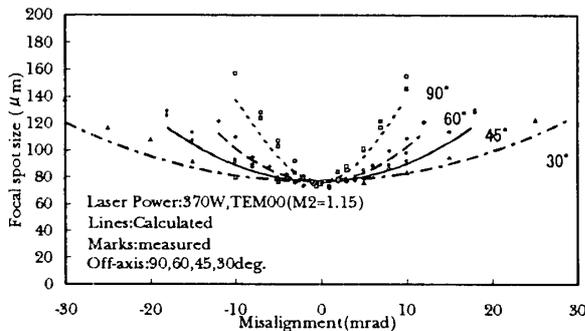


Fig.2 Focal spot size (86%) as function of the misalignment angles

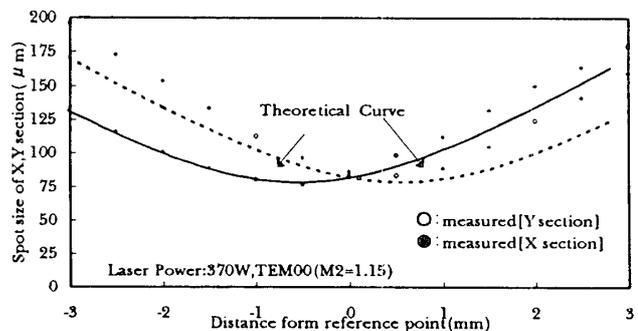


Fig.3 Spot size of parabolic mirror in the focal region under misalignment.

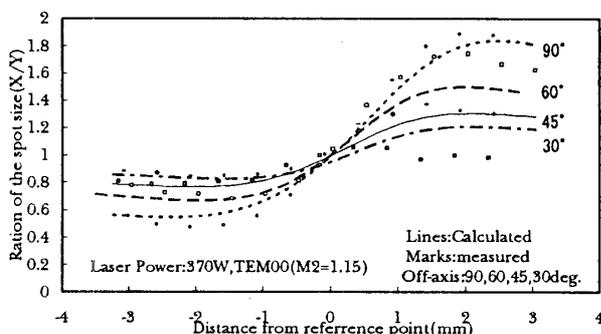


Fig.4 Ratio of the spot size, (X/Y), of parabolic mirrors (off-axis=90,60,45,30deg) under misalignment

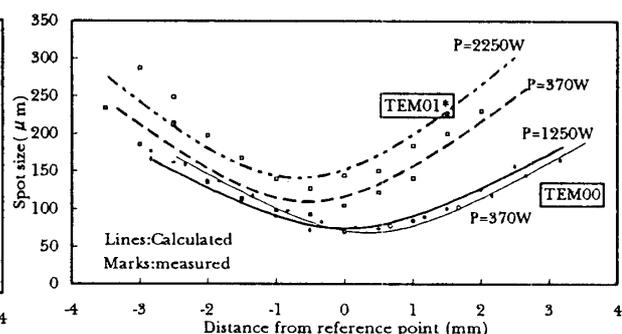


Fig.5 Spot size of 45 off-axis parabolic mirror for each mode (power) of the laser in the focal region under misalignment

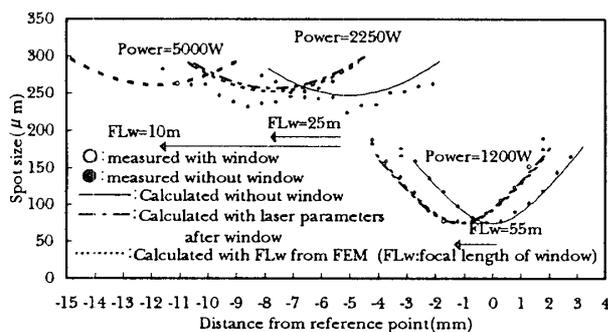


Fig.6 Change of focussing properties of 45° parabolic mirror by ZnSe window