

楕円ガウスビームのビーム径掃引装置

Spot-Size Scanner for Elliptical Gaussian Beam

藤井陽一*・大林周逸*・長浜弘毅*

Yoichi FUJII, Shuitsu OHBAYASHI and Koki NAGAHAMA

1. はじめに

光通信の最近の進歩に伴い、各種の光デバイスが開発されつつある。これらの間を結合する場合、どのような径の光が最適であるかということをも明らかにするのが一つの重要な問題である。この報告では、実際に、楕円形のスポットの長、短軸を独立に掃引できる光学系を設計し、この試作材による実験結果についてのべる。

ここで用いた方法は、2枚の凸レンズ (x, y 方向独立とするために、円筒レンズを用いた) の間隔をかえると焦点距離をかえることができることを利用し、この系の焦点面がつねに一定の位置に来るように、カムをも用いて2枚のレンズを動かす、一種のズームレンズ系を使用する。

2. 理論

単レンズ2枚用いてズーム系を作る。寸法は図1に示すとおりである。

図1でレンズ L_1, L_2 の間隔を d とすれば、合成焦点距離 f 、出射側の主面 h_2 は次のとおりである。

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2} - \frac{d}{f_1 f_2} \quad (1)$$

$$h_2 = \frac{f_2 d}{f_1 + f_2 - d} \quad (2)$$

式(1), (2)を用いて合成レンズの出射側主面から合成焦点距離 f だけはなれた P 点にビーム径が近似的に一定とすると、ズーム系を作るためには、P 点からの2つのレンズの距離 a_1, a_2 は、

$$a_1 = f_1 + 2f_2 - \frac{f_2 f}{f_1} - \frac{f_1 f_2}{f} \quad (3)$$

$$a_2 = f_2 - \frac{f_2 f}{f_1} \quad (4)$$

でなければならない。

*東京大学生産技術研究所 第3部

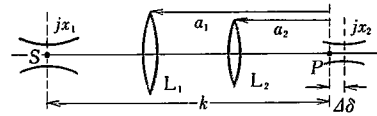


図1 ズーム系

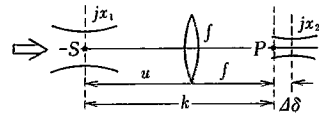


図2 近似的等価単ズームレンズ

式(3), (4)に従ってレンズ L_1, L_2 を動かせば、近似的に図2のような1個の固定した単ズームレンズと考えられる。

このようなズーム系にある固有スポット系 w_x (共焦点距離 $jx_1 = \pi w_x^2 / \lambda$) を持つガウスビームが点 S に入射した場合、P 点でのスポット径 w_2 、および P 点からのウェイトのずれ $\Delta\delta$ は、一般に $u \gg f$ である場合次のように求められる。

$$\Delta\delta = \frac{f^2 u}{u^2 + (\pi w_x^2 / \lambda)^2} \quad (5)$$

$$w_2 = \frac{f w_1}{\sqrt{u^2 + (\pi w_x^2 / \lambda)^2}} \quad (6)$$

式(3), (4)から、合成焦点距離 f の関数として、レンズ位置 a_1, a_2 がどのように変化するかを x, y 方向の2組について図3に示す。

図3のように円筒レンズ L_1, L_2 を実線上の範囲で動かせば、その方向のビーム径を掃引できる。

x, y の2方向の円筒レンズの組を動かせば、レンズの動かせる範囲は互いに交差しない範囲で、ある範囲の楕円ガウスビーム径を得ることができる。設計目的から式(6)を考慮してレンズ焦点距離、入射ビーム径や設定位置を選択する必要がある。

数値例として x 方向に $w_2 = 3 \sim 6 \mu\text{m}$ 、 y 方向に w_2

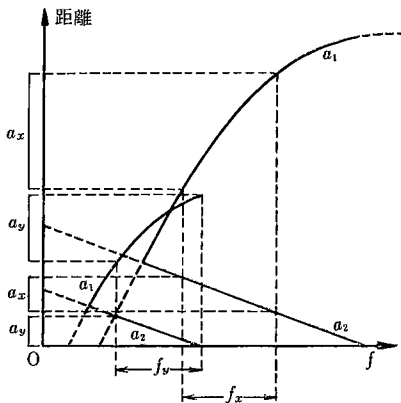


図3 焦点距離とレンズ移動距離の関係

=1~4 μm の範囲の楕円ガウスビームを得るためには、入射ビーム幅 2 mm ならば $f_x=30\sim60$ mm, $f_y=10\sim40$ mm の範囲に合成焦点距離 f を変化させる必要があることになる。

3. 新しいビーム径の測定法

ガウスビームの光強度分布は次式のように書ける。

$$I = \left(\frac{w_0}{w}\right)^2 I_0 e^{-2\frac{y^2}{w_x^2} - 2\frac{x^2}{w_y^2}} \quad (7)$$

w は測定点のビーム半径, I_0 はビームウェスト w_0 での中心光強度に対応している。

この w_x, w_y を測定するためにはいくつかの考案があるが²⁾, ここでは三角波で駆動されるスピーカにナイフエッジを付けた新しい形式のビーム径測定装置を考案した。この装置は往復運動のため光チョップ法²⁾ 測定時間が短くてすむ。この方法により検出されるパワー $P(t)$ の変化は、次式で表される。

$$\frac{P(t)}{P(t)_{\max}} = \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erfc} \left(\frac{\sqrt{2}}{w} x_v \right) \right] \quad (8)$$

ここで x_v は速度 v で動くナイフエッジの位置である。また検出器からの信号をメモリスコープで観察すると図4に示す波形が得られ、立上がり時間を t とすればビーム幅 w は式(9)で与えられる。

$$w = 0.552vt \quad (9)$$

4. ビームパラメータ掃引装置

本装置は式(3), (4)を用いて、2個のレンズを動かすために回転カム機構を採用している。回転カムを作るため、回転角と変位の関係を次式に示す。

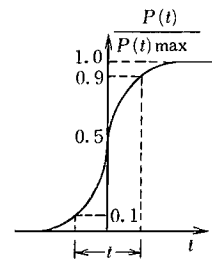


図4 立上がり時間

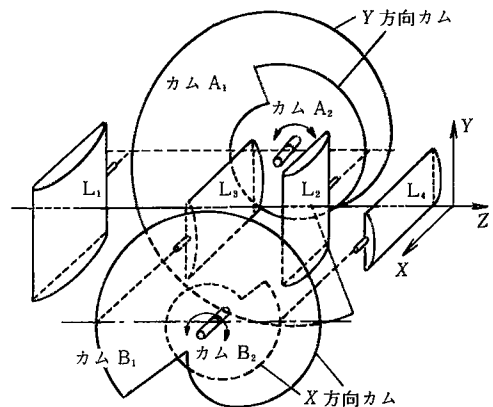


図5 ビームパラメータ掃引装置の略図

$$x = (a_1 + l) \cos(k \cdot f) \quad (10)$$

$$y = (a_1 + l) \sin(k \cdot f) \quad (11)$$

ここで a_1 は式(3)から求められ、 l は実装に必要な距離, k は合成焦点 f に対する回転角の大きさである。また、 a_2 についても同様であり、こうしてできた回転カムの二組が、バネに抗して図5のようにレンズにつけた腕木を押して、レンズ位置を変化させている。

5. 実験結果

円筒レンズ $f=90$ mm, $f=30$ mm の組合せを A, $f=40$ mm, $f=10$ mm の組合せを B とする。

図6では入射ビーム径 2 mm のときの理論値, チョップパによる測定値, ファーフィールドによる測定値を、レンズの組合せ A, B について示した。

図7では A の動きによる影響を B について調べたもので、A の可動範囲内では、ほとんど影響しないことが明らかとなった。

図8は試作機であり、図9は入射ビームをつくるコリメータ系をふくむ概略図である。

研究速報

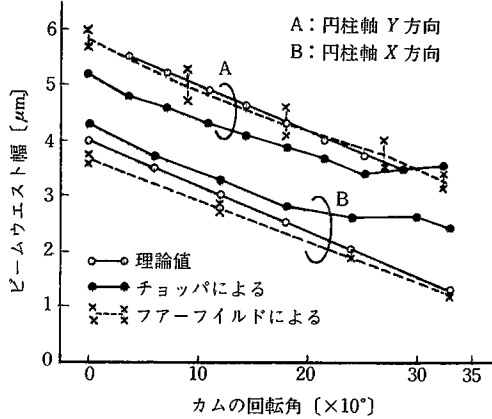


図6 回転角とビーム幅の関係

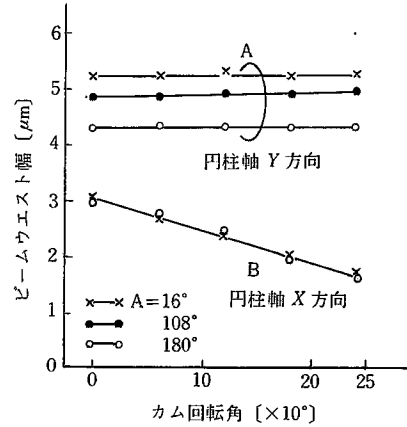


図7 X方向を変えY方向を固定した時の結果

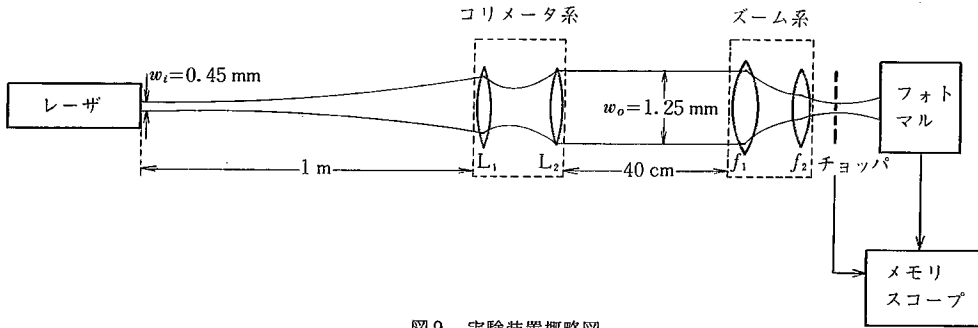


図9 実験装置概略図

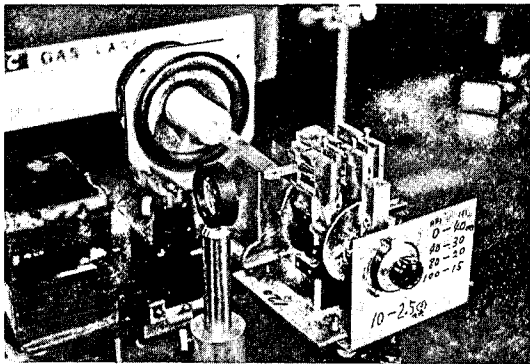


図8 ビーム径掃引装置の写真

6. むすび

以上のように、 x, y 方向にある組合せレンズ A, B をそれぞれ独立に動かし、互いに他に影響を与えないでスポット径を掃引できることが明らかとなった。出射ビームウエストに対して入射ビームウエストがかなり大きければ、固定焦点面からのずれを 0.5 mm 以下にすることができるが、実際には、この方法では、ずれ $\Delta\delta$ が大

あり、 $\Delta\delta \sim x_2$ に達することもある。これは、ガラスビームのウエストは、点像とは異なった位置にくるからであって、このようなズーム系を用いたものの欠陥であって、この点を改良した別の装置を試作中である。この装置によって、光 IC 等の特性を測定するのに必要な一般ガスビームを得ることが可能である。

7. 謝 辞

日頃ご指導いただき齋藤、浜崎、榊先生、研究室各位に深謝いたします。
(1980年3月7日受理)

文 献

- 1) 川畑正博, 修士論文「光回路素子としての微小レンズ、及び MIM トンネルダイオードに関する研究」1978
- 2) J. A. Arnaud et al., "Technique for Fast Measurement of Gaussian Laser Beam Parameters", Appl. Opt. Vol. 10, No. 12, p. 2775, 1971
- 3) 齋藤、浜崎、我妻, 「可変波長色素レーザーによる DFB 光導波素子の伝送特性の測定」, 昭和 51 年度総合研究 (A) 「光集積回路シンポジウム」1976