

第12回光学シンポジウム

指示計器のための特殊な
GRIN レンズ投影法

北島博愛・宮内真人・江崎哲弘

九州工業大学工学部二部電気工学科

〒804 北九州市戸畑区仙水町 1-1

1. ま え が き

いろいろな指示計器の読取り精度を数桁高めることを目的とした特殊な GRIN レンズ投影方式を考察している。まず、鏡の旋回運動による光スポットの変位を GRIN レンズで拡大投影することにより、従来の光てこ方式と等しい光路長で、約1桁大きく光スポットを変位させることができ、その拡大された光スポットの中心に細い影線を挿入することにより、微小な変位量の分解能を著しく改善できる。具体的には反照形検流計を用い、検出感度を1桁高められることを示している。次に対物レンズの焦点距離よりも遠い位置の物空間にある被検物体に、平行光線を照射し、その一次元的像情報を GRIN レンズで高倍率に拡大する方式で、可動コイル型検流計の指針の微小変位や、アルコール温度計の液面の変位などを500倍に拡大して観測した例を示している。

2. 投影機の構成

投影機の構成を図1に示す。鏡が $\Delta\theta$ だけ旋回した場合、GRIN レンズ端面における変位 d_1 に対するスクリーン上の変位 d_3 の倍率は、

$$M_a = d_3/d_1 \doteq |CZ_3| \quad (1)$$

と近似される。ここに C は GRIN レンズの光線マトリックスの要素である。それに対して、投影レンズがない場合の光スポットの変位を d_L とおくと、

$$M_L = d_3/d_L \doteq |CZ_1| \quad (2)$$

となる。実際問題として、 $Z_2 = 3 \sim 4$ mm、 $|C| = 0.5/\text{mm}$ 程度であるから、 $Z_3 = 1,000$ mm とすれば $M_a = 500$ となる。 $Z_1 = 20$ mm とすると $M_L = 10$ となるので、投影

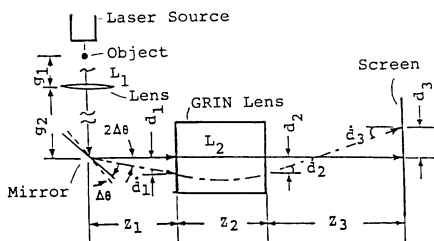


Fig. 1 Optical set-up of novel GRIN-lens projecting system.



Fig. 2 Optical spot containing a line shadow on the screen.

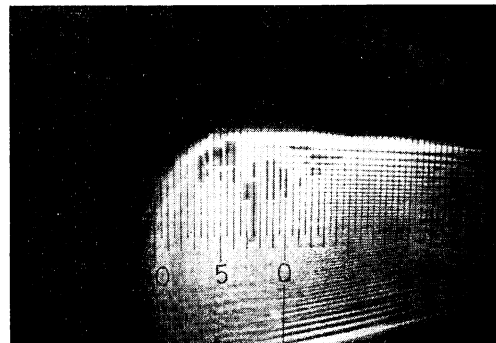


Fig. 3 High magnification image of liquid plane of alcohol thermometer.

レンズにより、約10倍大きく光スポットが変位するようになる。ここで、対物レンズの焦点距離を f とおき、レンズからの距離 g_1 の位置に被検物体を置く。 $g_1 > f$ とすれば $g_2 = f/(1-f/g_1)$ にその実像が生ずる。それを GRIN レンズで拡大すると、その倍率は、

$$M_i \doteq |C|Z_3(g_2 - f)/f \quad (3)$$

$$M_i \doteq |C|Z_3 \cdot f/g_1 \quad (g_1 \gg f \text{ の場合}) \quad (4)$$

と形式的に近似できる。

3. 具体的投影例と考察

GRIN レンズの光学定数 $Z_2 = 3.785$ mm、 $|C| = 0.523/\text{mm}$ 、対物レンズの焦点距離 $f = 80$ mm、光源の波長 $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$ を用いている。光スポットの中心に影線が挿入されている像を図2に示している。図1の構成で、 $Z_1 = 20$ mm、 $Z_3 = 1,380$ mm とし、電流感度 5×10^{-8} A の反照形検流計の検出感度を1桁高めることができた。

次に図1における被検物体Oの位置に顕微鏡の目盛板 ($50 \mu\text{m}$ 間隔) を置き、 $g_1 = 160$ mm、 $Z_3 = 950$ mm とし、倍率500倍の投影像を示している。この方式により、可動コイル型検流計およびアルコール温度計の液面等を500倍拡大して測定した例を図3に示している。