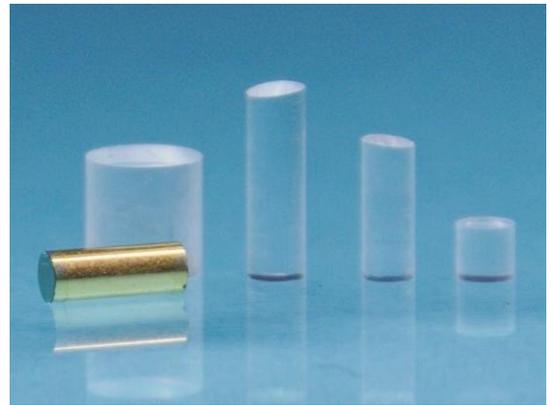


# TECHNICAL-NOTE

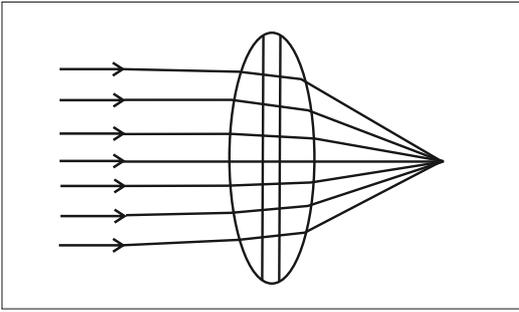
## Selfoc Microlens



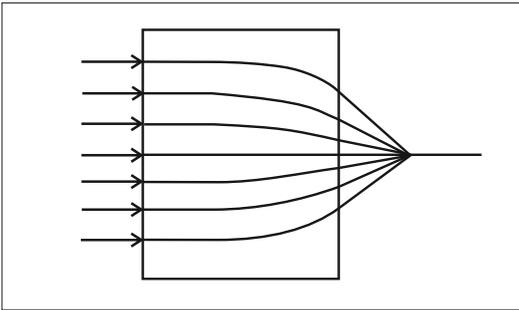
## セルフフォック®マイクロレンズとは

セルフフォック®マイクロレンズ(SML)は、屈折率分布型のレンズです。従来のレンズは曲面形状をしているのに対し、SML は円柱形状をしています。SML はガラスの中心軸から外周部へ向かって放物線状に屈折率を分布させることにより光を曲げる効果を得ており、従来の凸レンズと同様に平行な光を集光させることができます。

### ■凸レンズ



### ■セルフフォック®マイクロレンズ



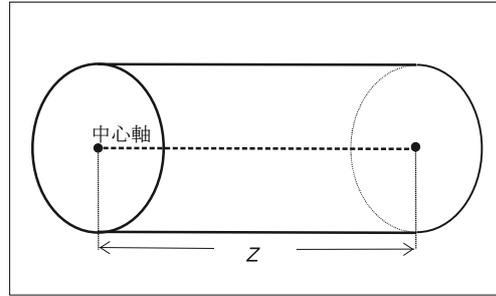
## 主なパラメータ

セルフフォックレンズの特性は、レンズ長  $Z$ 、ピッチ  $P$ 、屈折率分布定数  $\sqrt{A}$  で表され、これらのパラメータには以下の関係があります。

$$Z = 2\pi P / \sqrt{A}$$

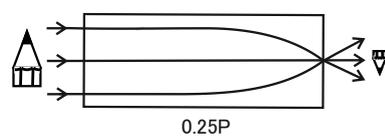
$Z$ : レンズ長

レンズ中心軸の長さです。



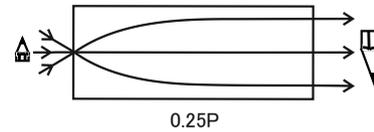
$P$ : ピッチ

ピッチは、レンズ内を通る光線の蛇行周期を表します。以下に 0.25 ピッチとその整数倍のピッチの原理を示します。

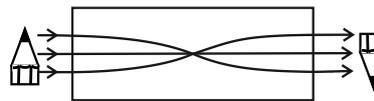


0.25P

無限遠にある物体の倒立実像が出射端面上に結像する長さです。逆に点光源を入射端面の中心におけば、平行光を得ることができます。

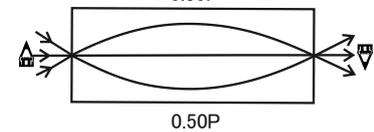


0.25P

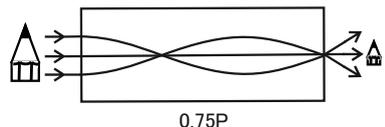


0.50P

入射端面においた物体の倒立実像が出射端面上に結像する長さです。

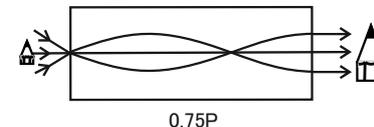


0.50P



0.75P

無限遠にある物体の正立実像が出射端面上に結像する長さです。



0.75P

## 主なパラメータ

$\sqrt{A}$  : 屈折率分布定数

レンズ内を通る光線が、レンズ内でどれだけ曲げられるかを示します。 $\sqrt{A}$ が大きければ大きいほど、光は急峻に曲げられます。

■屈折率分布定数の波長分散式  $\sqrt{A} (mm^{-1})$ ,  $\lambda (\mu m)$

SLW  $\phi$  1.0 :

$$\sqrt{A}(\lambda) = 0.5945 + \frac{3.936 \times 10^{-3}}{\lambda^2} + \frac{5.539 \times 10^{-4}}{\lambda^4}$$

SLW  $\phi$  1.8 :

$$\sqrt{A}(\lambda) = 0.3238 + \frac{5.364 \times 10^{-3}}{\lambda^2} + \frac{2.626 \times 10^{-4}}{\lambda^4}$$

SLW  $\phi$  2.0 :

$$\sqrt{A}(\lambda) = 0.2931 + \frac{2.369 \times 10^{-3}}{\lambda^2} + \frac{7.681 \times 10^{-4}}{\lambda^4}$$

SLW  $\phi$  3.0 :

$$\sqrt{A}(\lambda) = 0.1973 + \frac{3.723 \times 10^{-3}}{\lambda^2} + \frac{2.050 \times 10^{-5}}{\lambda^4}$$

SLW  $\phi$  4.0 :

$$\sqrt{A}(\lambda) = 0.1468 + \frac{2.654 \times 10^{-3}}{\lambda^2} + \frac{3.960 \times 10^{-6}}{\lambda^4}$$

SLH  $\phi$  1.8 :

$$\sqrt{A}(\lambda) = 0.4151 + \frac{4.137 \times 10^{-3}}{\lambda^2} + \frac{7.652 \times 10^{-4}}{\lambda^4}$$

SLC  $\phi$  1.8 :

$$\sqrt{A}(\lambda) = 0.3210 + \frac{4.474 \times 10^{-3}}{\lambda^2} + \frac{2.370 \times 10^{-4}}{\lambda^4}$$

$N_0$ : 軸上屈折率

レンズの中心軸の屈折率です。

■軸上屈折率の波長分散式  $\lambda (\mu m)$

SLW  $\phi$  1.0, SLW  $\phi$  1.8, SLW  $\phi$  2.0, SLC  $\phi$  1.8 :

$$N_0(\lambda) = 1.5868 + \frac{8.14 \times 10^{-3}}{\lambda^2}$$

SLW  $\phi$  3.0, SLW  $\phi$  4.0 :

$$N_0(\lambda) = 1.6107 + \frac{9.8 \times 10^{-3}}{\lambda^2}$$

SLH  $\phi$  1.8 :

$$N_0(\lambda) = 1.6294 + \frac{1.12 \times 10^{-2}}{\lambda^2}$$

## レンズタイプ

■セルフオック®マイクロレンズ、タイプ一覧

レンズタイプ	直径 (mm)	軸上NA	軸上屈折率, $N_0$ @1550nm	屈折率分布定数, $\sqrt{A}$ ( $mm^{-1}$ ) @1550nm	レンズ長, Z (mm) @1550nm P=0.25
SLW	$\phi$ 1.0	0.46	1.5901	0.596	2.64
	$\phi$ 1.8			0.326	4.82
	$\phi$ 2.0		1.6147	0.294	5.32
	$\phi$ 3.0			0.199	7.89
	$\phi$ 4.0			0.148	10.63
SLH	$\phi$ 1.8	0.60	1.6340	0.417	3.77
SLC	$\phi$ 1.8	0.46	1.5901	0.322	4.88

軸上屈折率、屈折率分布定数、レンズ長は代表値です。

## 屈折率分布の形状

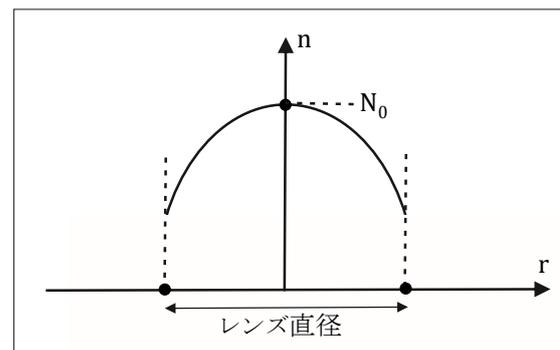
セルフオック®マイクロレンズではレンズ中心の屈折率(軸上屈折率)が最も高く、外周部に行くに従って低くなります。レンズ中心を原点として、半径 $r$ の位置における屈折率 $n(r)$ は以下の式で表されます。

$$n(r) = N_0 \left( 1 - \frac{(\sqrt{A})^2}{2} r^2 \right)$$

$N_0$  : 軸上屈折率

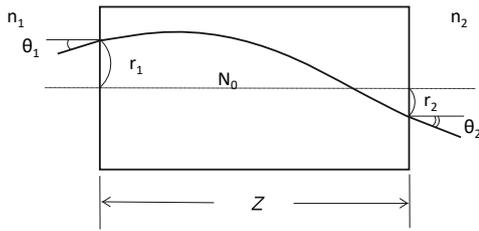
$\sqrt{A}$  : 屈折率分布定数

■屈折率分布曲線(参考図)セルフオック®マイクロレンズ



# SMLの結像原理

## ■光線マトリックス



- $r_1$  : 入射端面上の光線の位置
- $\theta_1$  : 入射端面上の光線の角度 (ラジアン)
- $r_2$  : 出射端面上の光線の位置
- $\theta_2$  : 出射端面上の光線の角度 (ラジアン)
- $Z$  : レンズ長
- $N_0$  : 軸上屈折率
- $n_1$  : 入射側媒質屈折率
- $n_2$  : 出射側媒質屈折率
- $\sqrt{A}$  : 屈折率分布定数

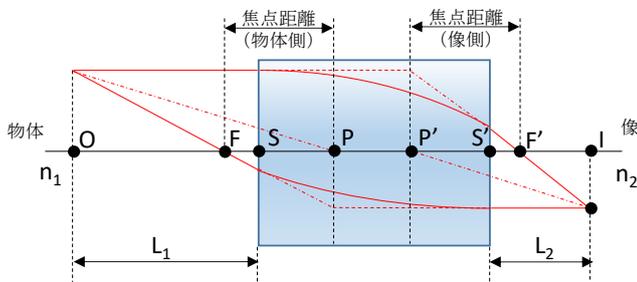
光線マトリックスを以下に示す式で求めることができます。

$$\begin{bmatrix} r_2 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(Z\sqrt{A}) & \frac{n_1}{N_0\sqrt{A}}\sin(Z\sqrt{A}) \\ -\frac{N_0\sqrt{A}}{n_2}\sin(Z\sqrt{A}) & \frac{n_1}{n_2}\cos(Z\sqrt{A}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix}$$

特に  $n_1 = n_2 = 1$  (空気) で、レンズのピッチが 0.25 の場合は、光線マトリックスは以下のように表されます。

$$\begin{bmatrix} r_2 \\ \theta_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -N_0\sqrt{A} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_1 \\ \theta_1 \end{bmatrix}$$

## ■結像模式図



《物体側》

《像側》

$F$  : 前焦点

$F'$  : 後焦点

$S$  : レンズ端面

$S'$  : レンズ端面

$P$  : 主点

$P'$  : 主点

$L_1 = \overline{OS}$  : 物体距離

$L_2 = \overline{S'I}$  : 像距離

## ■結像式

・レンズ端-焦点間距離(物体側)

$$\overline{FS} = \frac{n_1 \cos(Z\sqrt{A})}{N_0\sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・焦点距離(物体側)

$$\overline{FP} = \frac{n_1}{N_0\sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・レンズ端-焦点間距離(像側)

$$\overline{S'F'} = \frac{n_2 \cos(Z\sqrt{A})}{N_0\sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・焦点距離(像側)

$$\overline{P'F'} = \frac{n_2}{N_0\sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・主点-レンズ端距離(物体側)

$$\overline{SP} = \frac{n_1 [1 - \cos(Z\sqrt{A})]}{N_0\sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・主点-レンズ端距離(像側)

$$\overline{S'P'} = \frac{-n_2 [1 - \cos(Z\sqrt{A})]}{N_0\sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・レンズ端-像面間距離

$$L_2 = \overline{S'I} = \frac{-(n_1 n_2 / \sqrt{A}) \sin(Z\sqrt{A}) - n_2 N_0 L_1 \cos(Z\sqrt{A})}{n_1 N_0 \cos(Z\sqrt{A}) - N_0^2 L_1 \sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・横倍率

$$M_T = \frac{n_1}{n_1 \cos(Z\sqrt{A}) - N_0 L_1 \sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}$$

・縦倍率

$$M_L = \frac{n_1 n_2}{[n_1 \cos(Z\sqrt{A}) - N_0 L_1 \sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})]^2}$$

・角倍率

$$M_A = \frac{n_1 \cos(Z\sqrt{A}) - N_0 L_1 \sqrt{A} \sin(Z\sqrt{A})}{n_2}$$

## 開口数NA

開口数“NA”はレンズが光を集める能力を示します。SELFOC レンズにおいてレンズ中心を原点として、半径 $r$ の位置における開口数は以下の式で表されます。

$$NA = N_0 \sqrt{A} \cdot \sqrt{r_0^2 - r^2}$$

$r_0$  : レンズ半径

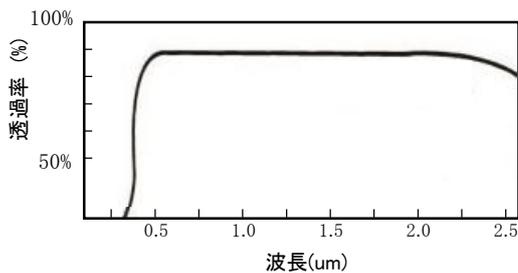
$\sqrt{A}$  : 屈折率分布定数

$N_0$  : 軸上屈折率

## 物性値

- ・縦弾性係数 : 6000~8000 (kgf・mm<sup>-2</sup>)
- ・比重 : 3 (g・cm<sup>-3</sup>)
- ・線膨張係数 :  $10 \times 10^{-6}$  (°C<sup>-1</sup>)
- ・ポアソン比 : 0.245

### ■SML 分光損失特性(代表例)



分光透過率 5mm厚 AR無

## 取り扱い上の注意

- ・高温高湿での保管は避けてください。デシケータでの保管をおすすめします。(※湿度:5%以下推奨)
- ・クリーニングが必要な場合には、エタノールを含ませたワイピングクロスで軽く拭き取るようにしてください。端面を強く擦ると傷を発生させ外観を損ねることがありますのでご注意ください。また、水での洗浄はレンズ表面を白濁させたり、光学性能を劣化させることがありますので、避けてください。
- ・レンズを取り扱う際には、プラスチック製のピンセットをご使用になり、レンズ円柱側面を掴むようにしてください。円柱底面を掴むとエッジが欠ける場合があります。

## 試作の受注

株式会社ゴーフォトンでは、お客様の新しい機器の設計・開発企画にあわせて、そのニーズにあったレンズの設計、試作を行いますのでご相談ください。

例)・レンズコーティング・その他特殊加工等

## 保証

原則として、納入後 1 年間を保証いたします。ただし、AR コートを施していない端面(ノンコート面)のヤケ欠点については、保証期間を納入後 1 ヶ月といたします。

保証の範囲は製品の代替納入を限度といたします。ただし、保証期間内でも、天災、および使用上のミスによる損傷については保証いたしかねます。

注意: 本ページに記載されている事項全て参考値としてお使いください。一部、実際の製品と異なる場合がございます。

## 株式会社 ゴーフォトン

〒300-2635

茨城県つくば市東光台 5-4-2

Tel : 029-847-8686

Fax : 029-847-8693

<http://www.gofoton.co.jp/>