

ПЕРИОДИЧЕСКОЕ САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПОПЕРЕЧНО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Эффект Тальбота

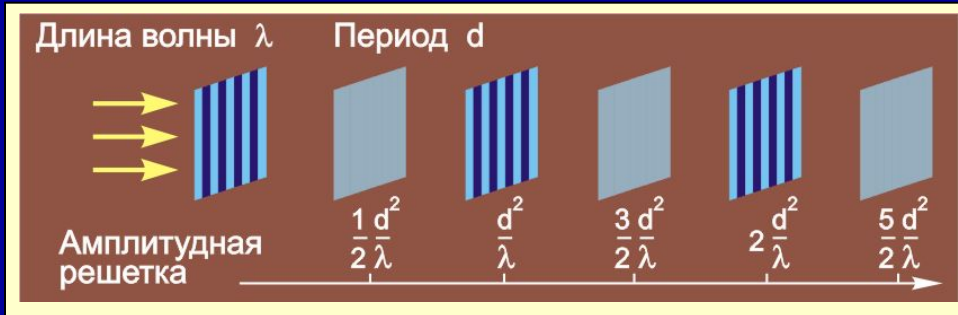
W.H.F. Talbot, *Facts relating to optical sciences* // Phil. Mag., 1836

(при освещении белым светом наблюдалось повторение цветных изображений решеток)

$Z_T = 2d^2/\lambda$ - период Тальбота

Lord Rayleigh, Phil. Mag., 1881

(получено расстояние периодичности)



самовоспроизведение суперпозиции плоских волн

$$E(x) = \sum_n E_n \exp\left[i2\pi n x \frac{x}{d}\right], \quad d - \text{период}$$

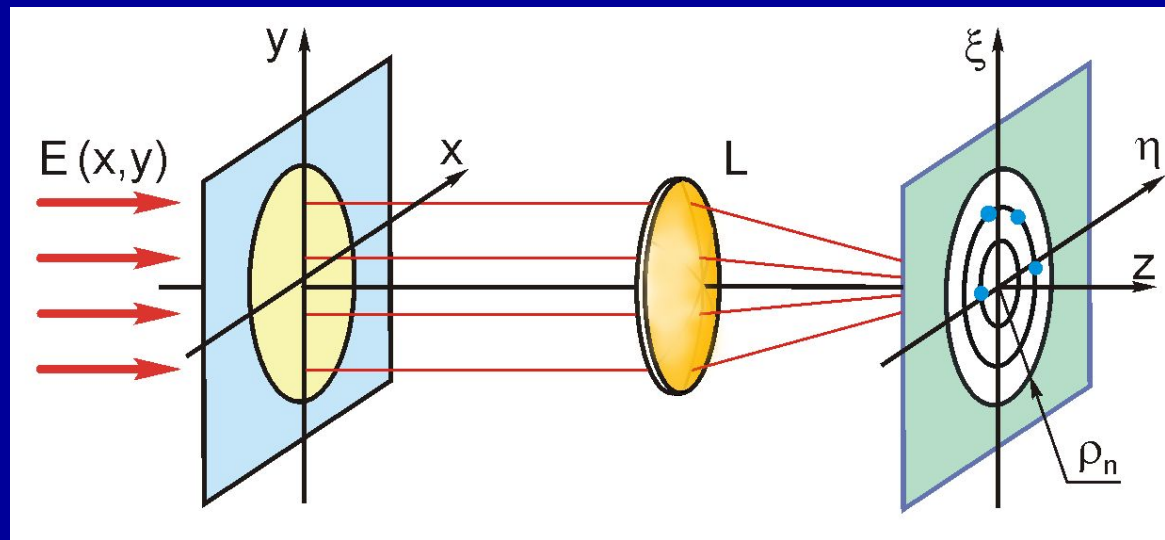
$Z_T = \frac{2d^2}{\lambda}$	$Z_T = \frac{d^2}{\lambda}$	$Z_T = \frac{d^2}{2\lambda}$	$Z_T = \frac{d^2}{N\lambda}$
полное повторение	поперечный сдвиг на $d/2$	<p>сложение исходного и сдвинутого изображений</p>	<p>сложение N сдвинутых копий исходного изображения</p>

УСЛОВИЯ САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ СВЕТОВЫХ ПОЛЕЙ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Для самовоспроизведения светового поля с периодом z_T его пространственный спектр должен лежать на кольцах Френеля радиуса ρ_n :

$$\rho_n = \sqrt{\frac{2n}{\lambda z_T}}$$

Это обратная задача Montgomery W.D. (*J. Opt. Soc. Am.*, 1967)

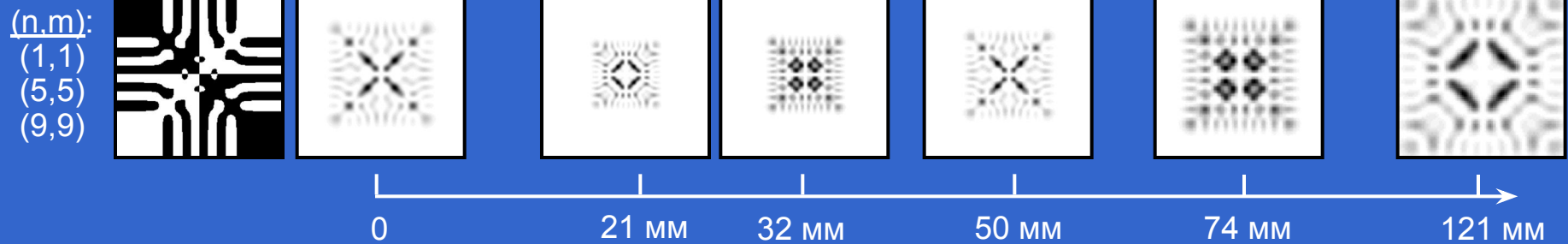
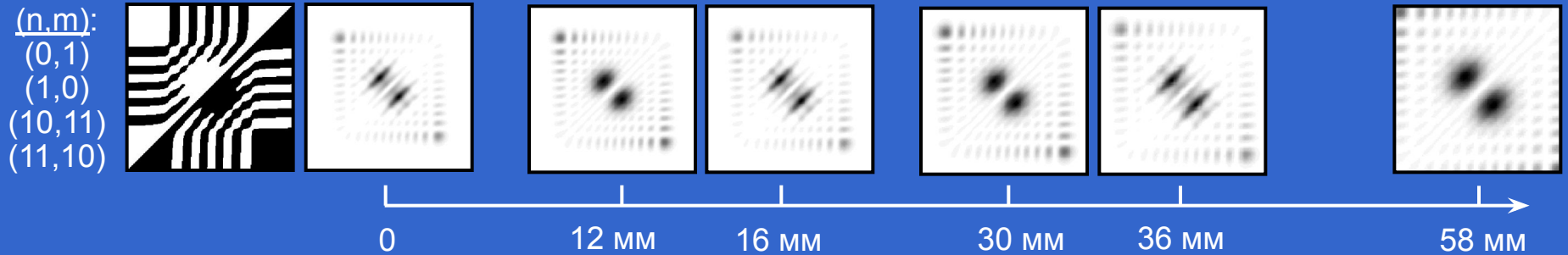


$$\rho = \sqrt{\xi^2 + \eta^2}$$

Суперпозиция Бесселевых пучков: $E(r, \varphi) = \sum_n J_m(\alpha_n r) \exp(im\varphi)$,

где: $\alpha_n = \sqrt{k^2 - \pi^2 \lambda^2 \rho_n^4}$, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ $\varphi = \arctg \frac{y}{x}$

САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ МНОГОМОДОВЫХ ПУЧКОВ ГАУССА-ЭРМИТА



Многомодовый гауссовый лазерный пучок самовоспроизводится (с точностью до масштаба) с переменным интервалом:

$$z_{l,p}(z) = \left[z + z_0 \operatorname{tg} \left(\frac{2\pi l}{p} \right) \right] \cdot \left[1 - \frac{z}{z_0} \operatorname{tg} \left(\frac{2\pi l}{p} \right) \right]^{-1}, \quad l = 1, 2, 3, \dots, \quad p = (m - m') + (n - n'),$$

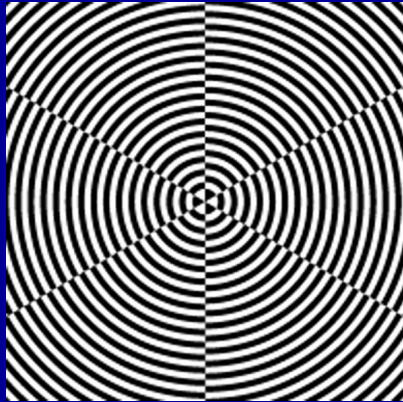
(номера мод)

САМОВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ПУЧКОВ БЕССЕЛЯ

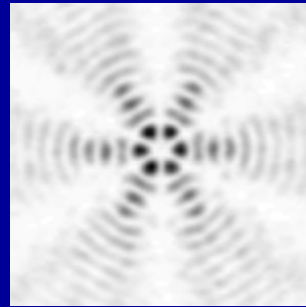
$J_m(\alpha_n r) \exp(im\phi)$ (эксперимент)

СТАБИЛЬНЫЙ: $\alpha_n = \text{const } \forall m$

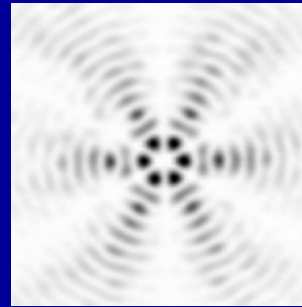
2-модовый пучок Бесселя: $J_{-3}(120,5r)e^{-i3\phi} + J_3(120,5r)e^{i3\phi}, z_T = 0$



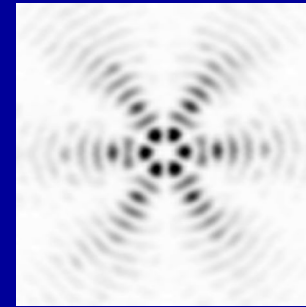
Бинарная фаза ДОЭ



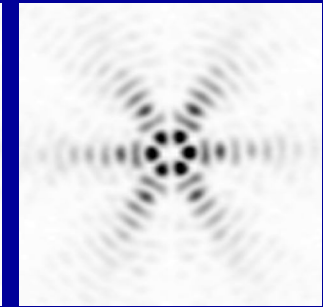
z: 50 мм



60 мм



70 мм



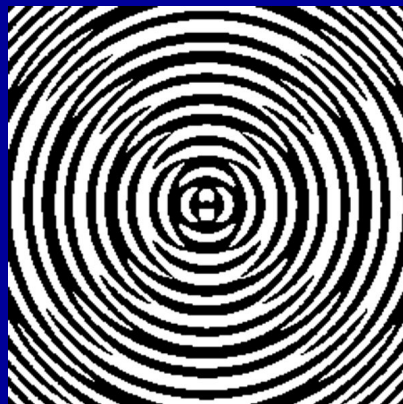
80 мм

0,71 мм

ПЕРИОДИЧЕСКИЙ: $\alpha_1(z_T) < \alpha_n < \alpha_1(z_T) \forall m$

3-модовый пучок Бесселя:

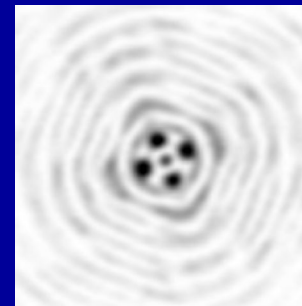
$J_{-2}(50.44r)e^{-i2\phi} + J_0(83.27r) + J_2(50.44r)e^{i2\phi}, z_T = 20i$



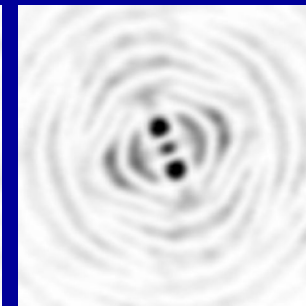
Бинарная фаза ДОЭ



z: 85 мм



90 мм



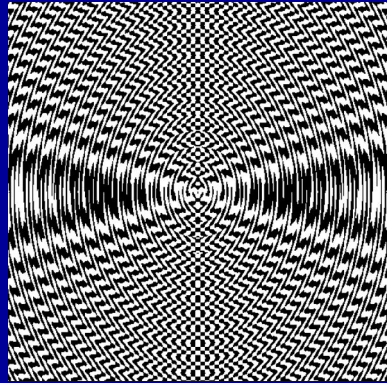
95 мм



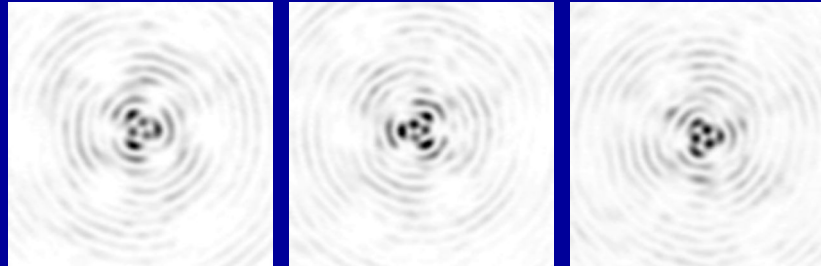
105 мм

0,83 мм

ВРАЩАЮЩИЕСЯ МНОГОМОДОВЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ ПУЧКИ (эксперимент)



вращающийся 2-модовый пучок Бесселя



0,84 мм

Бинарная фаза ДОЭ z: 160 мм 175 мм 190 мм

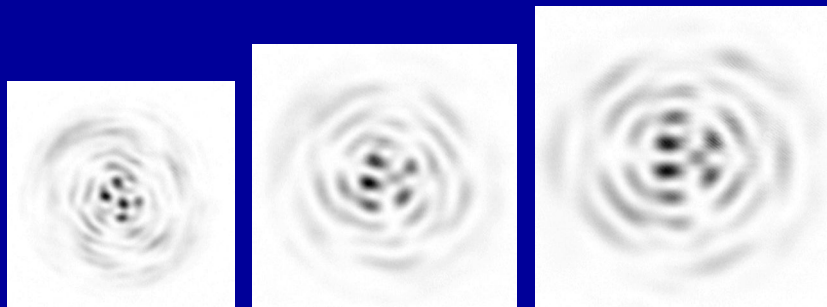
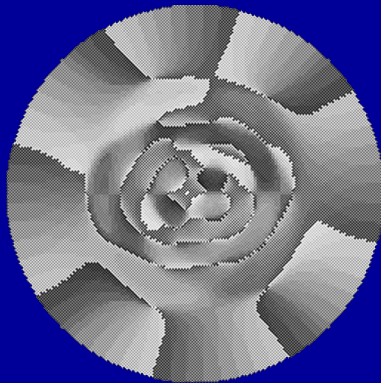
$$\frac{m - m'}{n - n'} = A,$$

$$\forall n \neq n', m \neq m'$$

$$z_{об} = A \cdot z_T,$$

$$z_T = \frac{2\pi n}{\sqrt{k^2 - \alpha_n^2}}$$

вращающийся 5-модовый пучок Гаусса-Лагерра



3,36 мм

16-уровневая фаза z: 300 мм 500 мм 700 мм

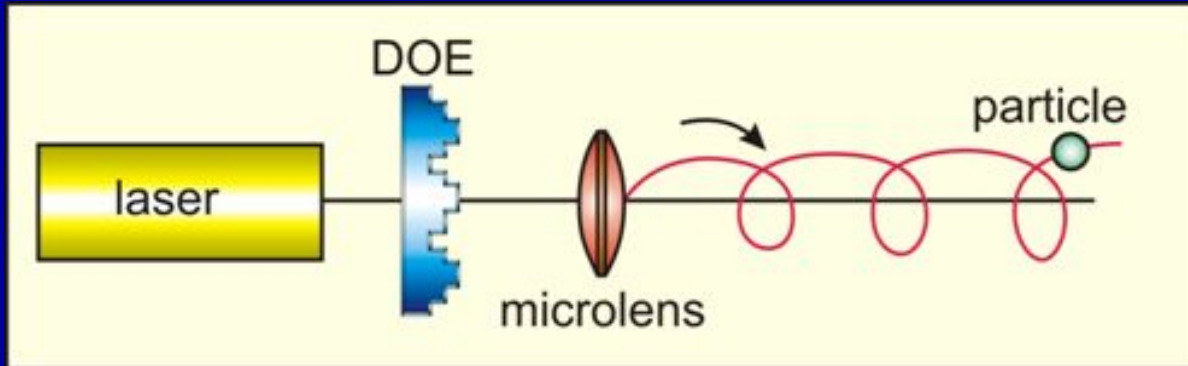
$$\frac{2(n - n') + |m| - |m'|}{m - m'} = B$$

Расстояние p оборотов:

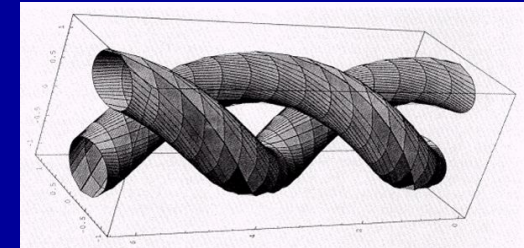
$$z_p = z_0 \operatorname{tg} \left(\frac{2\pi p}{B} \right),$$

$$p = 1, 2, \dots, B/4$$

Формирование спиральных пучков (эксперимент)



Траектория переноса энергии



Вращающийся пучок Гаусса-Лагерра



Фаза ДОО

