

OPT/SFA

L03

# Šíření světla – optická FT

## Fresnelova difrakce

skalární teorie difrakce a paraxiální aproximace

$$u(x, y) \propto e^{i \frac{k}{2z}(x^2+y^2)} \iint_{-\infty}^{\infty} u(\xi, \eta) e^{i \frac{k}{2z}(\xi^2+\eta^2)} e^{-i \frac{2\pi}{\lambda z}(x\xi+y\eta)} d\xi d\eta$$

- $\xi, \eta$  - vstupní rovina
- $x, y$  - výstupní rovina
- $k, \lambda, z$  - vlnové číslo, vlnová délka, délka šíření

vyjádřeno s pomocí FT

$$u(x, y) \propto e^{i \frac{k}{2z}(x^2+y^2)} \mathcal{F} \left\{ u(\xi, \eta) e^{i \frac{k}{2z}(\xi^2+\eta^2)} \right\}_{f_x = \frac{x}{\lambda z}, f_y = \frac{y}{\lambda z}}$$

- vstup vynásoben kvadratickou fází
- pak FT
- pak škálování
- pak násobení kvadratickou fází

příklady:

Fraunhoferova difrakce na čtvercové a kruhové pupile

$$\text{rect}(x) \rightarrow \text{sinc}\left(\frac{x}{\lambda z}\right) \text{ resp. } \text{circ}(x, y) \rightarrow \text{jinc}\left(\frac{2r}{\lambda z}\right)$$

přechod z blízkého pole do dalekého pole

analytické řešení Fresnelovy difrakce pro čtvercovou pupilu –  
Fresnelovy integrály

*tenká čočka v paraxiální aproximaci*

modulace fáze kvadratickým faktorem

$$u_1'(x, y) = t_1(x, y)u_1(x, y)$$

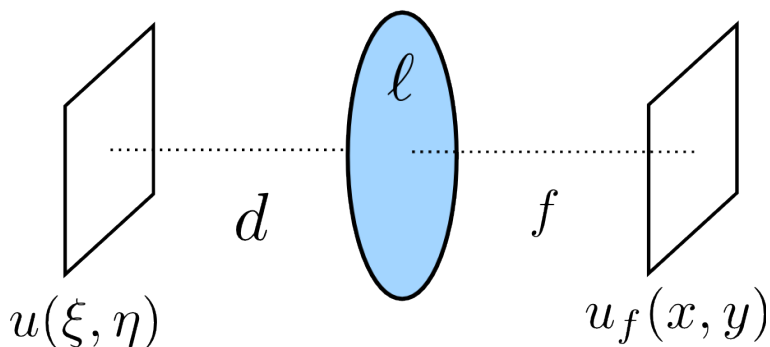
- $t_1$  - amplitudová propustnost čočky

$$t_1(x, y) = e^{-i\frac{k}{2f}(x^2+y^2)}$$

- $f$  - ohnisková vzdálenost

*optická FT*

v ohniskové rovině kvadratická fáze čočky eliminuje kvadratickou fázi šíření – vznikne škálovaná FT



obecný případ

- předmět  $u(\xi, \eta)$  umístěn ve vzdálenosti  $d$  před čočkou
- výstup bude v ohniskové rovině čočky

výsledná komplexní amplituda (bez vlivu apertury)

$$u_f(x, y) \propto e^{i \frac{k}{2f} (1-d/f)(x^2+y^2)} \mathcal{F} \left[ u(\xi, \eta) \right]_{f_x = \frac{x}{\lambda f}, f_y = \frac{y}{\lambda f}}$$

speciální případ  $d=f$  – vznikne čistá škálovaná FT

$$u_f(x, y) \propto \mathcal{F} \left[ u(\xi, \eta) \right]_{f_x = \frac{x}{\lambda f}, f_y = \frac{y}{\lambda f}}$$

příklad: vliv clony na digitální fotografii

- velikost difrakčního obrazce na senzoru je dána clonovým číslem
- malé pixely senzoru omezují rozsah použitelných clonových čísel