

# ***Senzory vlnoplochy: Informace ukrytá v koherenci***

**J. Řeháček, B. Stoklasa, Z. Hradil**

*katedra optiky a Centrum digitální optiky, Univerzita Palackého,  
Olomouc*

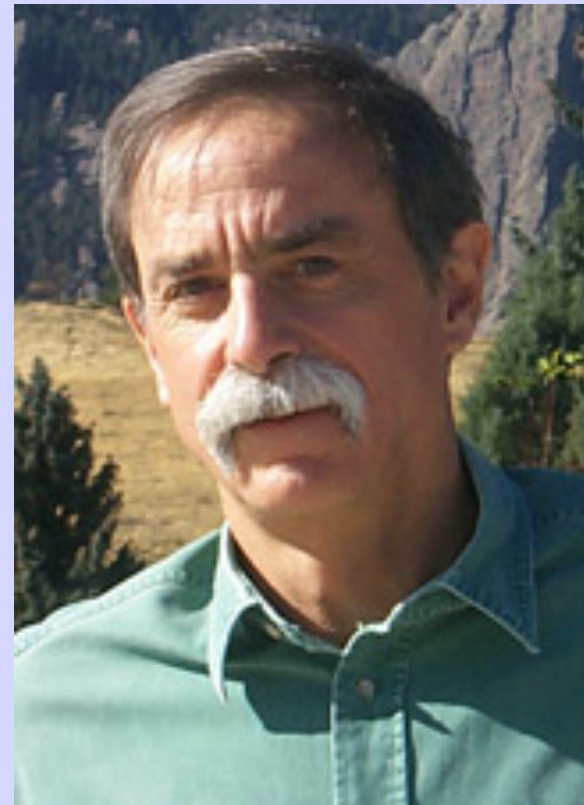
**L. L. Sánchez-Soto**

*Departamento de Óptica, Universidad Complutense, Madrid*

# *Kvantová informatika*

**Nobelova cena za fyziku 2012:**

Serge Haroche and David J. Wineland **Particle control  
in a quantum world**



## Optimal time-resolved photon number distribution reconstruction of a cavity field by maximum likelihood

C Sayrin<sup>1</sup>, I Dotsenko<sup>1</sup>, S Gleyzes<sup>1</sup>, M Brune<sup>1,3</sup>, J M Raimond<sup>1</sup>  
and S Haroche<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Kastler-Brossel, ENS, UPMC-Paris 6, CNRS, 24 rue Lhomond, F-75005 Paris, France

<sup>2</sup> Collège de France, 11 place Marcelin Berthelot, F-75005 Paris, France  
E-mail: [michel.brune@lkb.ens.fr](mailto:michel.brune@lkb.ens.fr)

*New Journal of Physics* **14** (2012) 115007 (15pp)

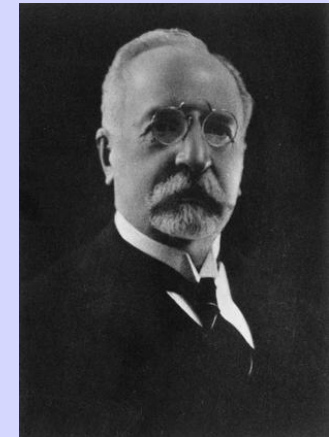
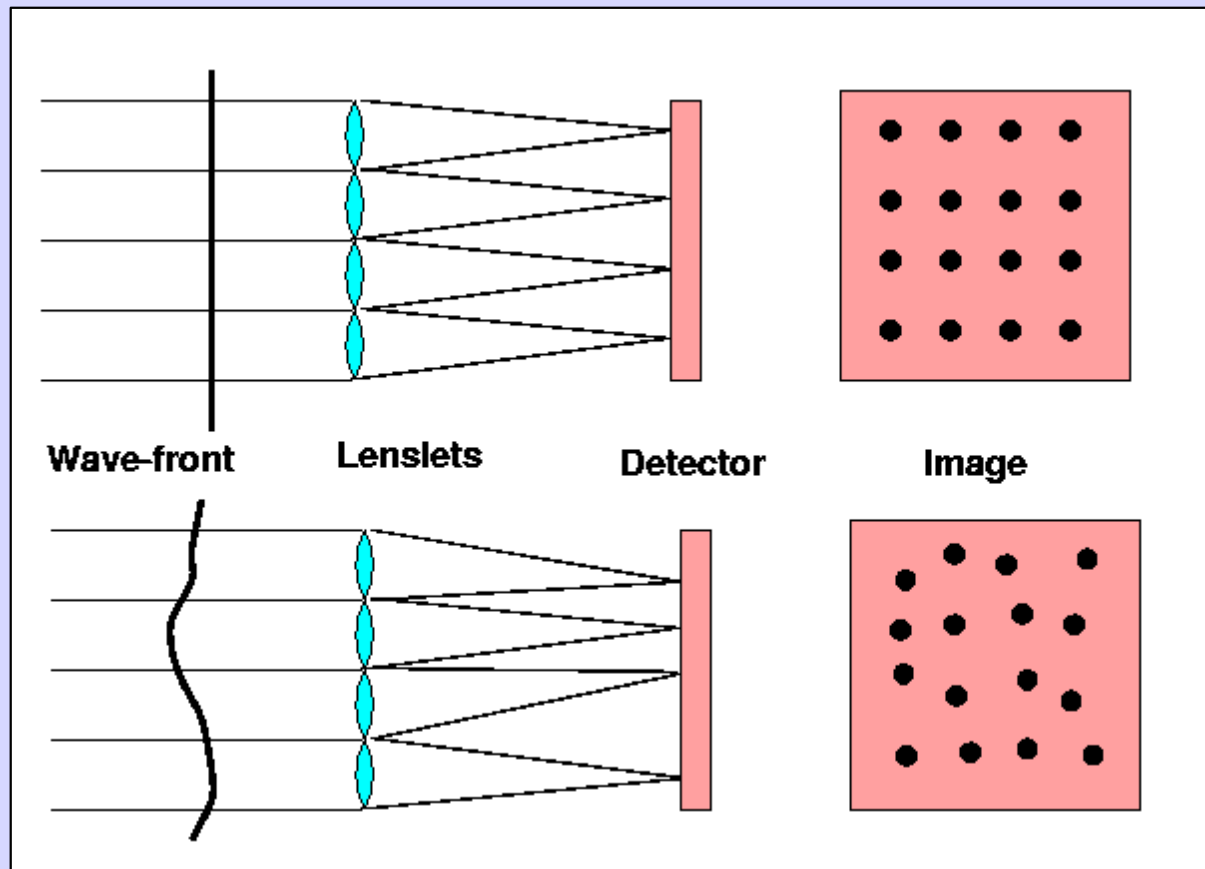
[1] Paris M and Rehacek J (ed) 2004 *Quantum State Estimation (Lecture Notes in Physics vol 659)* (Berlin: Springer)

<https://doi.org/10.1088/1751-8113/39/11/115007>

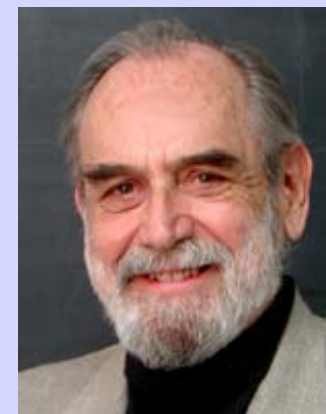
[13] Rehacek J, Hradil Z and Jezek M 2001 Iterative algorithm for reconstruction of entangled states *Phys. Rev. A* **63** 040303

# Detekce vlnoplochy

## Shackův – Hartmannův senzor



Johannes F. Hartmann

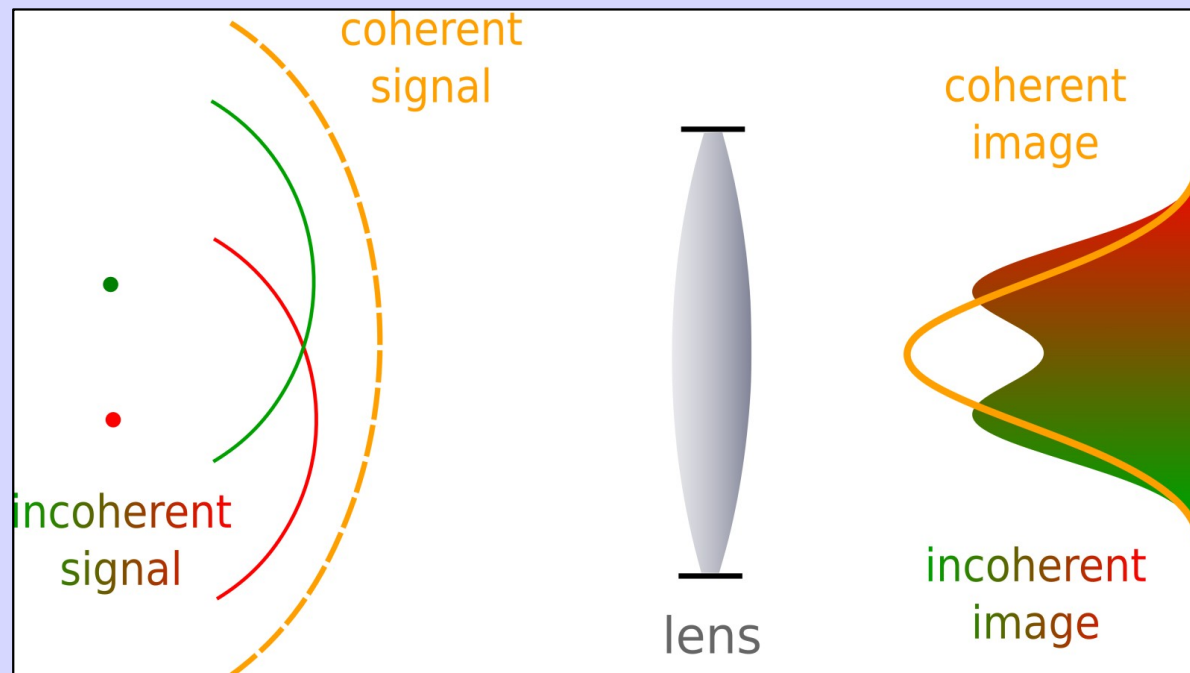


Roland Shack

Současné měření intenzity a úhlového spektra

# Obecný popis svazku

- částečná koherence – vlnoplochu a fázi nelze definovat
- přítomnost netriviálních korelací
- rekonstrukce koherenční matice  $G: G(x', x) = \langle x' | G | x \rangle$



# *Obecný popis svazku ...*

Příklady/aplikace:

- charakterizace módové struktury rezonátorů
- simulace šíření svazku

$$I(\xi) = \int h(\xi, x) h^*(\xi, x') G(x', x) dx dx'$$

- analýza korelací v signálu

vzájemná intenzita



# SH detekce: zjednodušený model

Gaussovská pupila

$$A_j(x) \propto \exp \left[ -\frac{1}{4} (x - x_j)^2 / (\Delta x)^2 \right]$$

jeden mód v detekční rovině

$$U_j(p) \propto F\{U(x)A_j(x)\}$$

intenzita na pixelu  $p$  za mikročočkou  $j$

$$I_{j,p} \propto \langle \alpha_{j,p} | G | \alpha_{j,p} \rangle$$

gaussovský  
svazek tedy Q -  
rozdělení

# SH detekce: realistický model

měření

$$|\psi_{j,p}\rangle = e^{ix_j\hat{p}} e^{ip_j\hat{x}} |A\rangle, \quad A(x) = \langle x|A\rangle$$

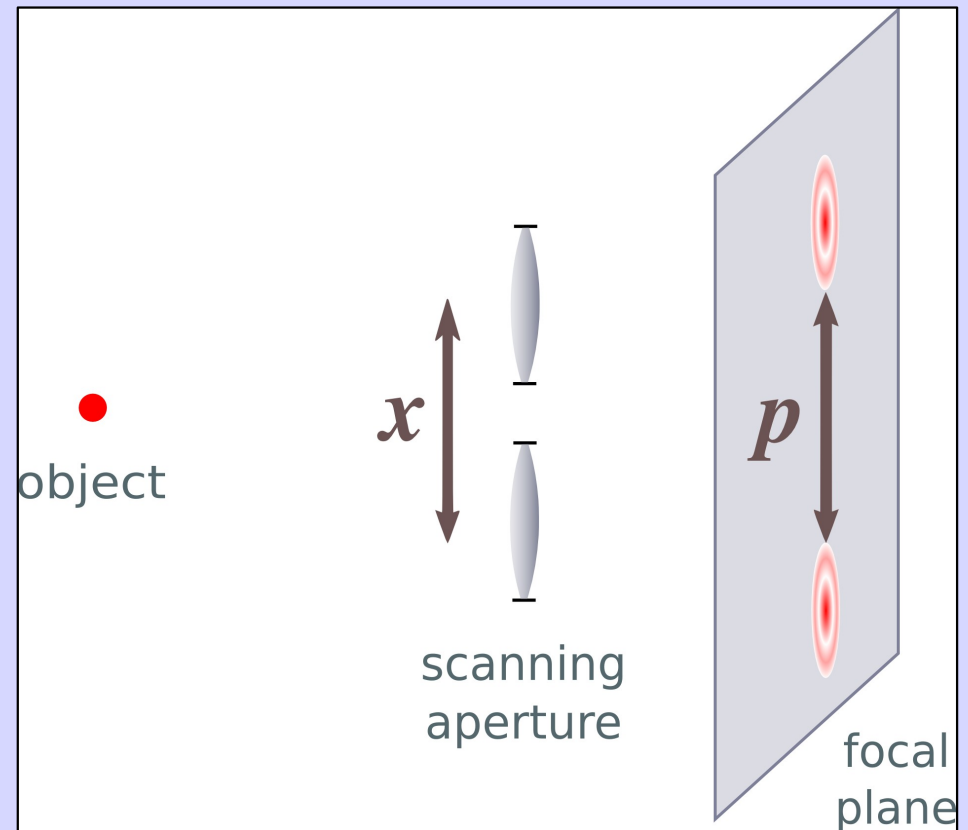
prostorově omezená pupila  $A$

$$\langle \psi_{j,p} | \psi_{j',p'} \rangle = 0, \quad j \neq j'$$

pupily se nepřekrývají

SH detekce není úplná

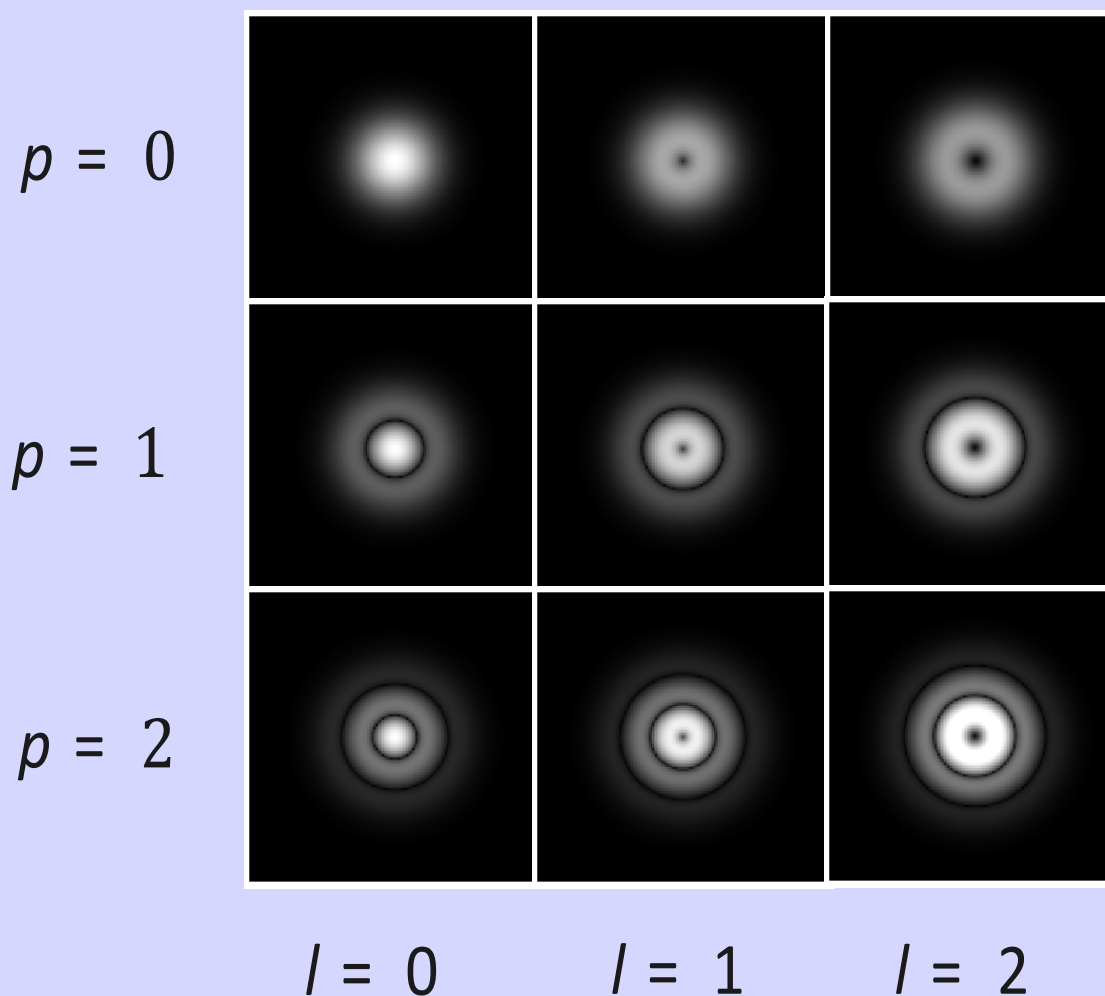
nutno omezit prostor svazků



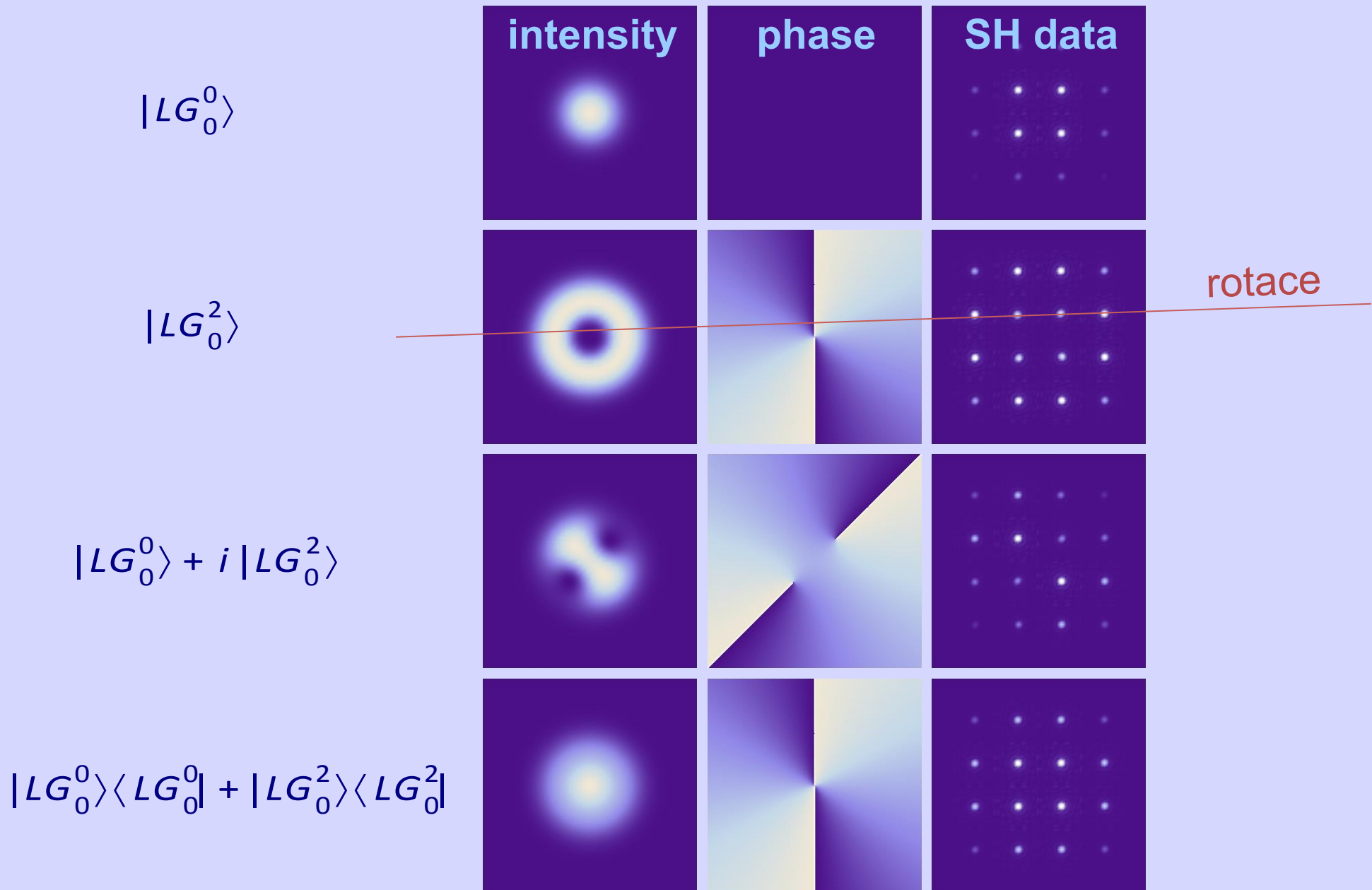


# Laguerrovy–Gaussovy svazky

$$LG_p^l(x, y) = \langle xy | lp \rangle \propto r^{|l|} L_p^{|l|}(2r^2) e^{-r^2} e^{il\varphi}$$



# SH detekce LG svazků

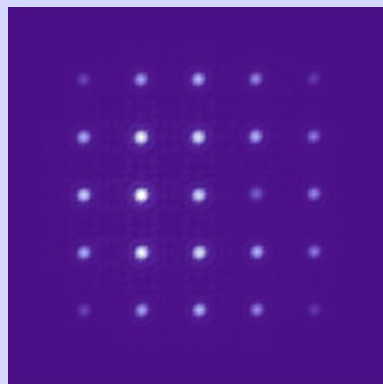


# Simulace

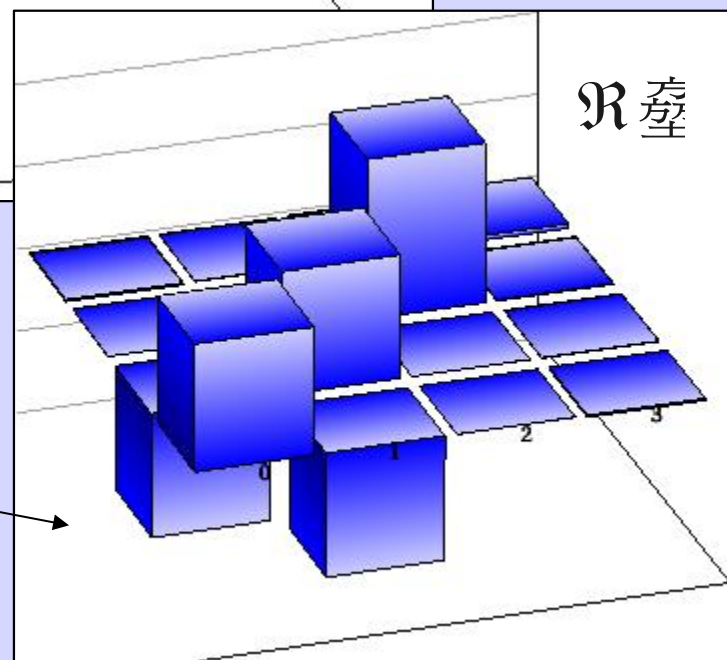
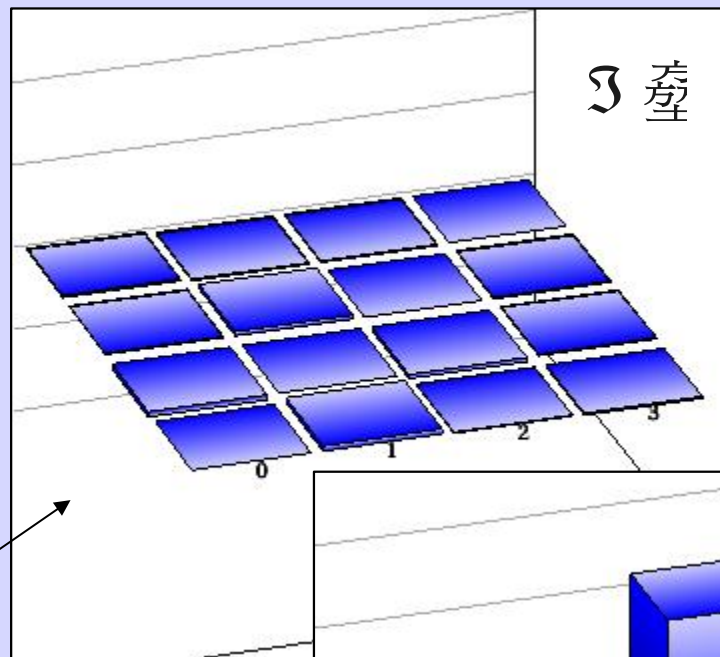
$$G = \frac{3}{5} \left| \cancel{LG_0^0} - \cancel{LG_0^1} \right| \times \left| \cancel{LG_0^0} - \cancel{LG_0^1} \right| + \frac{2}{5} \left| \cancel{LG_0^2} \right| \times \left| \cancel{LG_0^2} \right|$$



intenzit  
a



SH



rekonstrukce  
(přidáno 5% šumu)

# Experiment

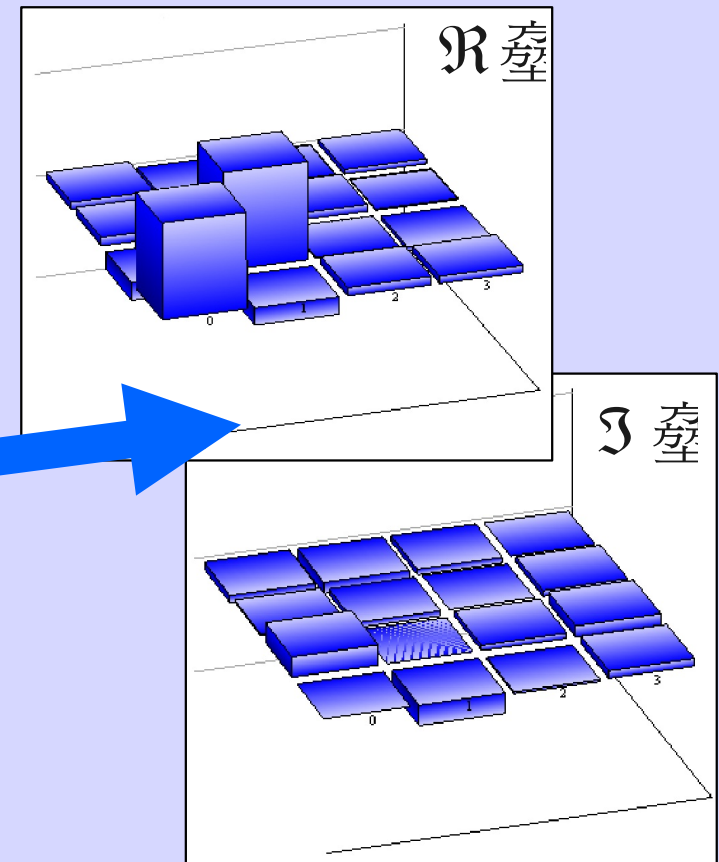
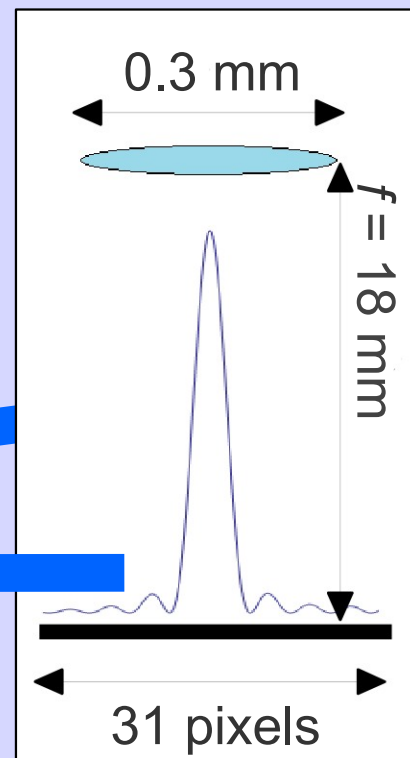
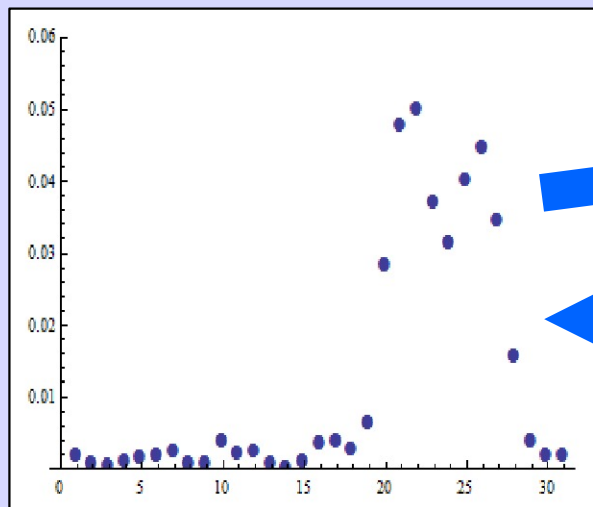
parabolické vlny

$$|\varphi_j\rangle = e^{-i\frac{k}{2r}x^2}, \quad r = \{-0.65, -1.12, \infty, 1.58\} \text{ m}$$

deformovatelné zrcadlo

$$G = 1/2 |\varphi_1\rangle\langle\varphi_1| + 1/2 |\varphi_2\rangle\langle\varphi_2|$$

reconstruction



# Závěr

- Senzory vlnoplochy lze využít pro získání informace o koherenčních vlastnostech optického signálu.
- Byla demonstrována experimentální rekonstrukce koherenční matice využitím SH detekce.
- Je tato možnost využita v přírodě – např. “softwarové” zaostřování u hmyzu?

