

# Studium nedifraktujících optických svazků

**J.Křížek**<sup>12</sup>   M.Šulc<sup>2</sup>   J.Gayde<sup>3</sup>

<sup>1</sup>FJFI, CVUT

<sup>2</sup>TOPTEC Turnovské Optoelectronické Výzkumné Centrum

<sup>3</sup>Experiment Metrology unit, CERN

May 23, 2016

## 1 Úvod

- Pozadí projektu
- Nedifraktivní svazky

## 2 Interference besselovských svazků

- Interference typu Bessel + Plane
- Interference typu Bessel + Bessel

## 3 Nedifrakční paprsky na dlouhé vzdálenosti

- Generace ND svazku pomocí sférické vady

## 4 Závěr

## Motivace:

- Potenciál nedifrakčních svazků při vývoji nových měřících metod pro přesné polohování a odladění experimentů v CERN.
- Klasické svazky limitují využití optických metod zejména z důvodu jejich difrakční rozbíhavosti.

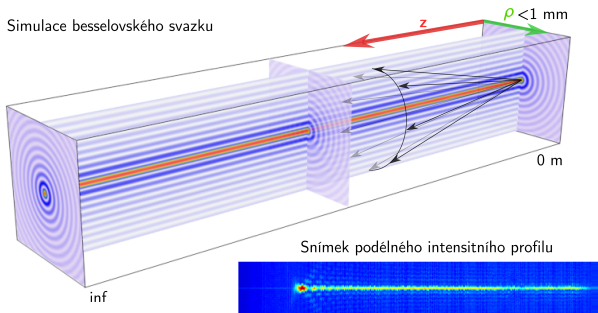
## Pod záštitou:

TOPTEC Turnovské Regionální Optoelectronické Výzkumné Centrum.  
CERN The Experiment Measurement unit, Large Scale Metrology section

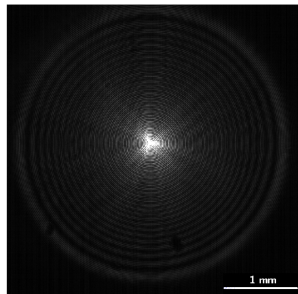


# Nedifraktivní optické svazky - Strukturované pole

- *Gaussovský* svazek vždy podléhá difrakční rozbíhavosti
- Existuje pole, které splňuje podmínky svazku a nerozbíhá se?
- Besselovský svazek - superpozice rovinných vln, jejichž směry šíření leží na plášti kužele
- Paprsek, který s šířením **nemění svůj příčný profil**
- Experiment:  $\phi = 30 \mu\text{m}$  na vzdálenosti  $40 \text{ cm}$ !

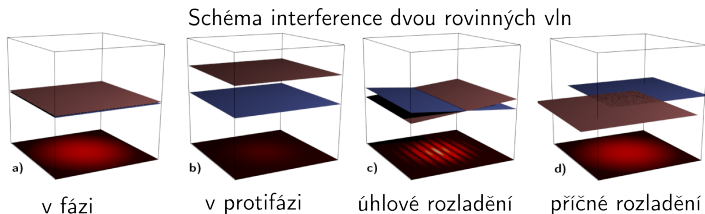


Snímek příčného intenzitního profilu





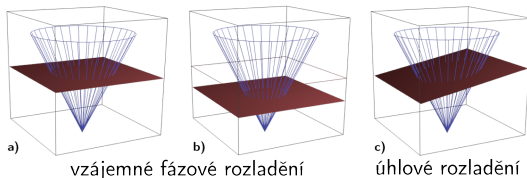
- Jev interference lze využít pro velmi přesná měření
- Při prostorovém překryvu dvou koherentních vln dochází ke vzniku intenzitního obrazce jehož charakter závisí na vzájemných fázových vlastnostech
- Zaměřili jsme se na interferenci typu *Bessel - Plane* a *Bessel - Bessel*



# Interference typu Bessel + Plane

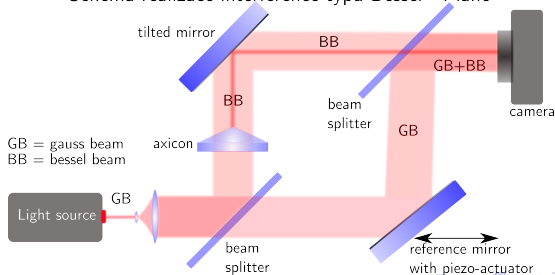
- Besselovský svazek ilustrujeme jako kužel

Schéma interference Bessel - Plane



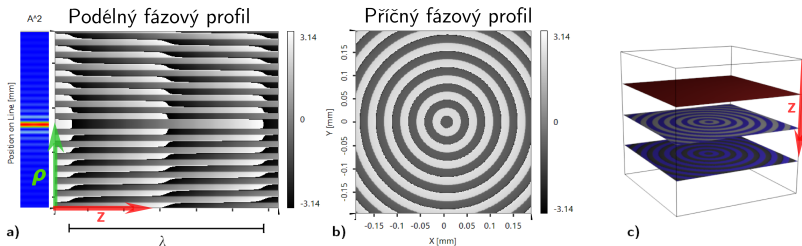
- Realizace pomocí upraveného Shack-Hartmannova schématu

Schéma realizace interference typu Bessel - Plane



# Interference typu Bessel + Plane

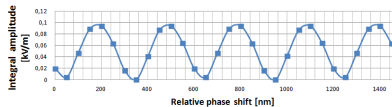
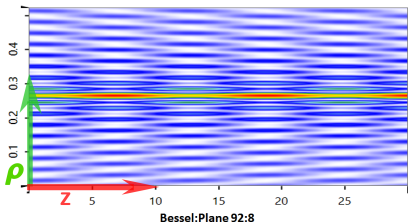
- Vlnoplocha besselovského svazku má charakter soustředných kružnic
- Sousední kružnice jsou vzájemně fázově posunuté o  $\pi$
- V podélném směru: struktura dvou vzájemně zpožděných ortogonálních ekvifázových vlnoploch



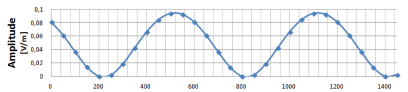
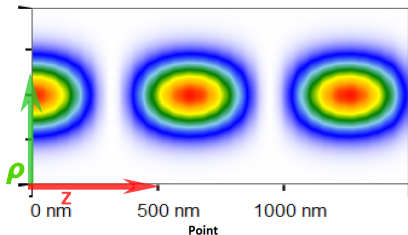
# Interference typu Bessel + Plane

## Intensita mění svůj charakter s poloviční peridou!

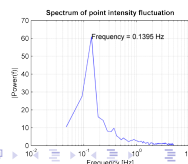
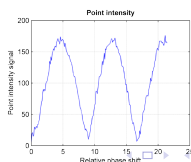
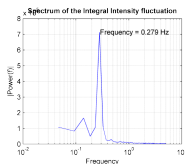
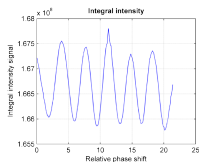
Simulace interference Bessel - Plane



Simulace interference Plane - Plane

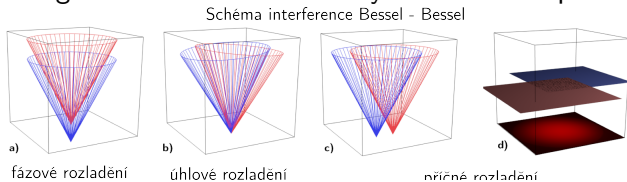


## Experiment



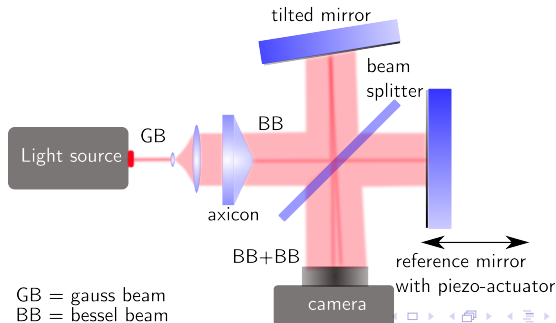
# Interference typu Bessel + Bessel

- Díky nehomogennímu rozložení intensity lze sledovat i příčné rozladění



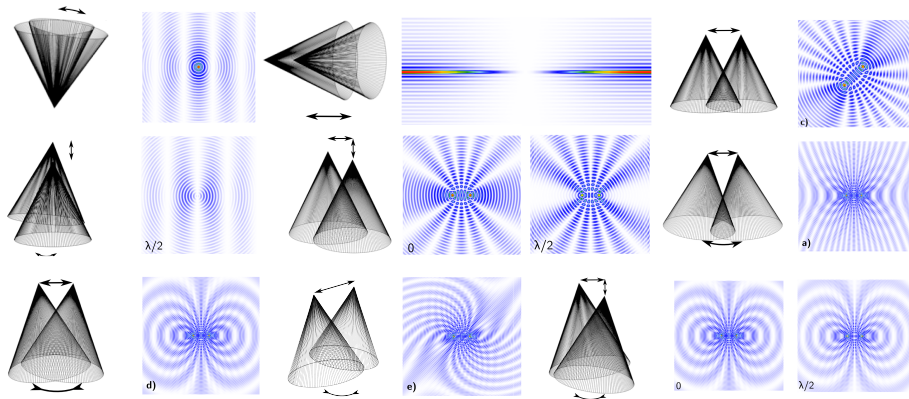
- Realizace pomocí upraveného Twyman-Greenova uspořádání

Schéma realizace interference typu Bessel - Bessel



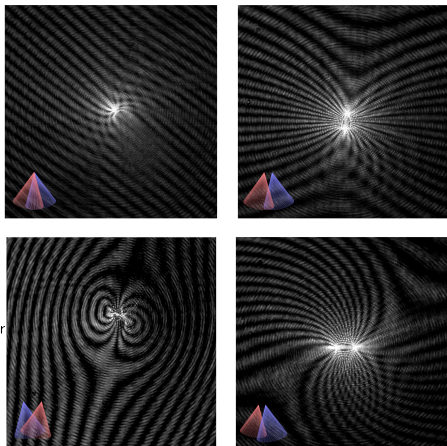
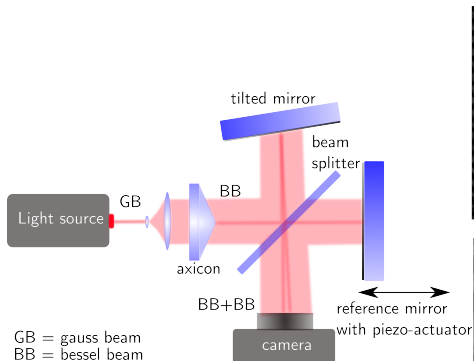
# Interference typu Bessel + Bessel

Nový stupeň volnosti umožňuje získat více informací o vzájemné poloze a orientaci paprsků.



# Interference typu Bessel + Bessel

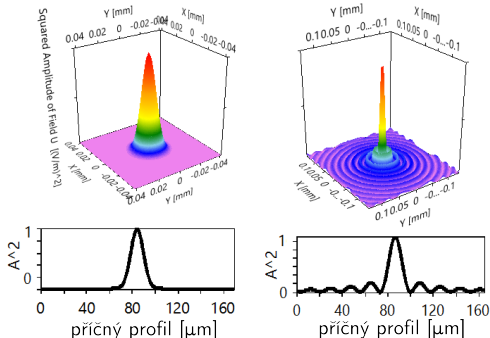
## Experiment



# Nedifrakční (ND) paprsky na dlouhé vzdálenosti

- Generace svazků zachovávající si svůj profil je velmi žádoucí například pro určení přesné pozice na přímce
- Besselovský svazek generovaný axiconem a ostatními běžnými metodami není delší než několik metrů.
- Gaussovský svazek o poloměru 1 mm má Rayleighovu vzdálenost 6 m, poté poloměr roste velmi rychle

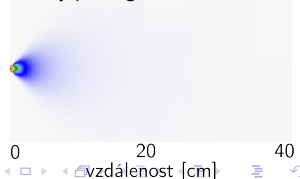
Příčný profil gaussovského a besselovského svazku



Podélný profil besselovského svazku

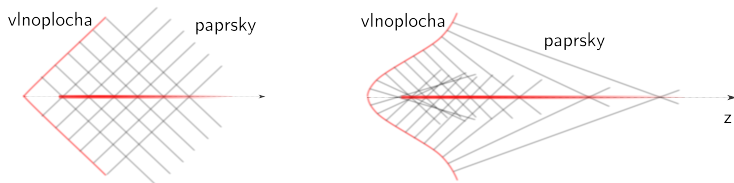


Podélný profil gaussovského svazku





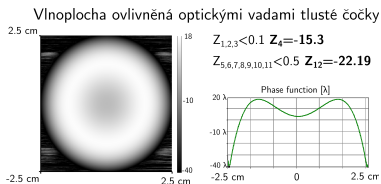
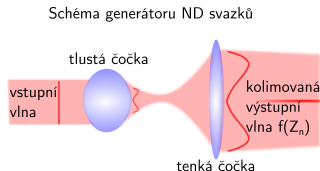
- Generace ND svazku pomocí slabě konvergující vlnoplochy



- Pole je "nedifrakční" dokud existují paprsky protínající optickou osu z
- Pro dlouhé vzdálenosti - velmi malé úhly [']
- Modifikace vlnoplochy pomocí **sferické aberace**

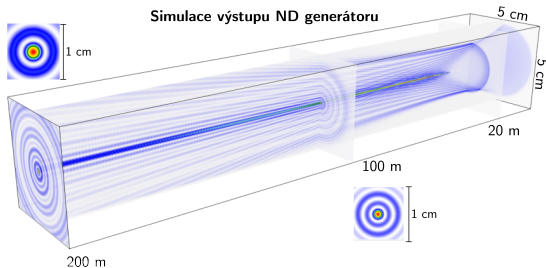
# Generace ND svazku pomocí sférické vady

- Realizace generátoru: kolimační uspořádání s tlustou čočkou
- Může být definován pomocí koeficientů zernikových polynomů popisující vadu tlusté čočky
- Znalost koeficientů umožňuje snažší popis generovaných paprsků



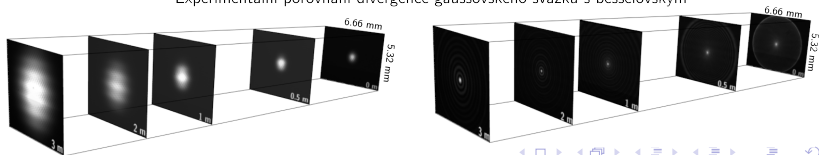
# Generace ND svazku pomocí sférické vady

- Experimentálně byl generován svazek s průměrem  $< 2 \text{ mm}$  na vzdálenost 200 m!
- Výhodou jsou i kružnice obklopující svazek - přesnější určení středu



- Generovaný ND svazek má až desetinásobně menší divergenci

Experimentální porovnání divergence gaussovského svazku s besselovským



## Shrnutí:

- Fyzikální porozumění a počítačové simulace optických besselovských svazků a nedifrakčních svazků na dlouhou vzdálenost.
- Experimentální ověření modelovaných vlastností.
- Zapojení nedifraktivních svazků v optických měření a představení nových vlastností.

Děkuji za pozornost