

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská

Thomsonův rozptyl na tokamaku COMPASS

Lenka Kocmanová

vedoucí práce: RNDr. Petra Bílková, Ph.D., ÚFP AV ČR

Co je Thomsonův rozptyl?

- laserová diagnostika
- používá se pro určení elektronové teploty T_e
a elektronové hustoty n_e plazmatu
- pružný rozptyl elektromagnetických vln na volných elektronech ($\hbar\omega \ll m_e c^2$)

Historie Thomsonova rozptylu

1903 J.J.Thomson poprvé popsal jev

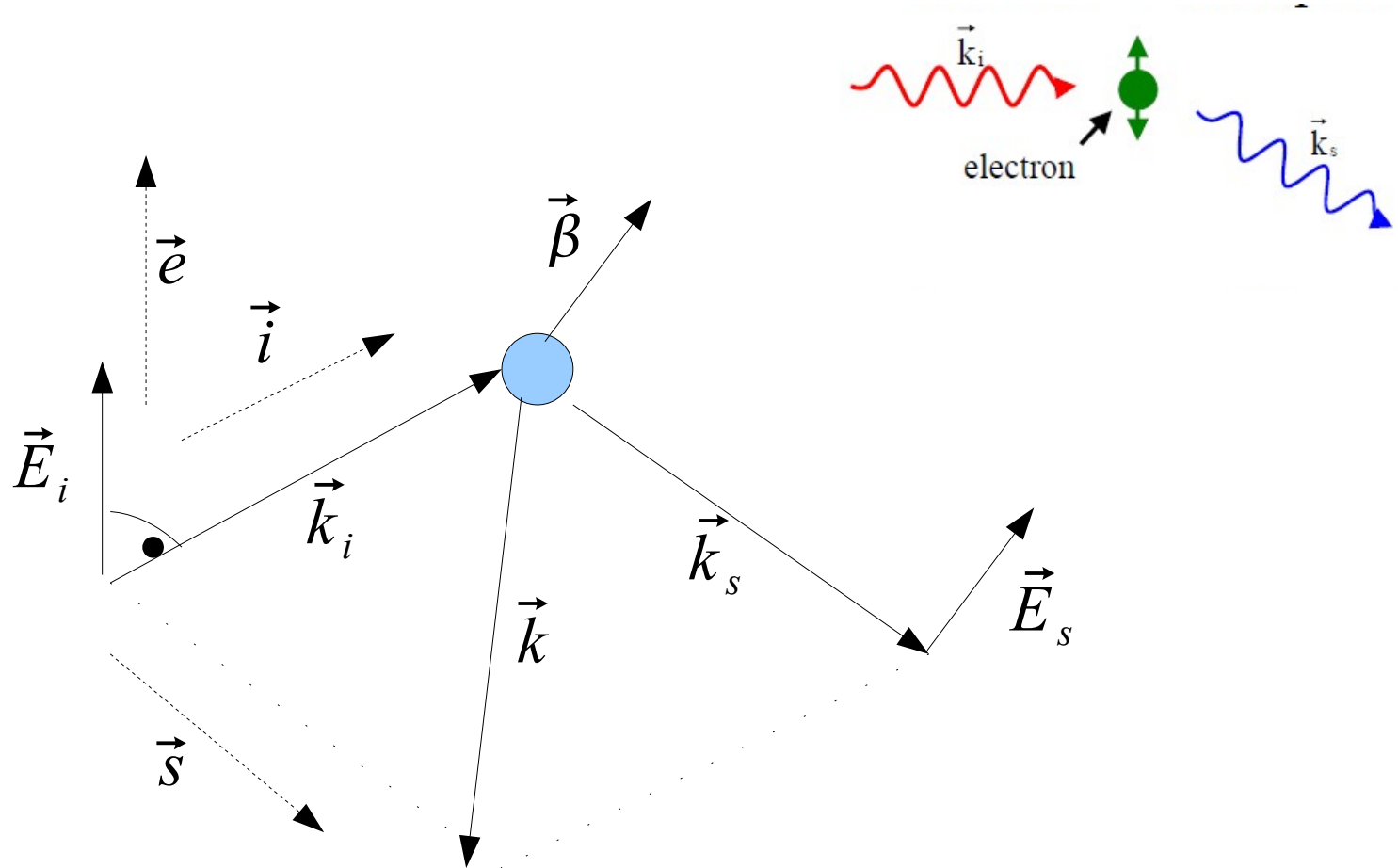
1969 Thomsonův rozptyl poprvé proveden na tokamaku
(tokamak T3, Peacock, Robinson)

Nejprve – měření v jednom bodě plazmatu

Nyní – měření ve více bodech vzdálených řádově

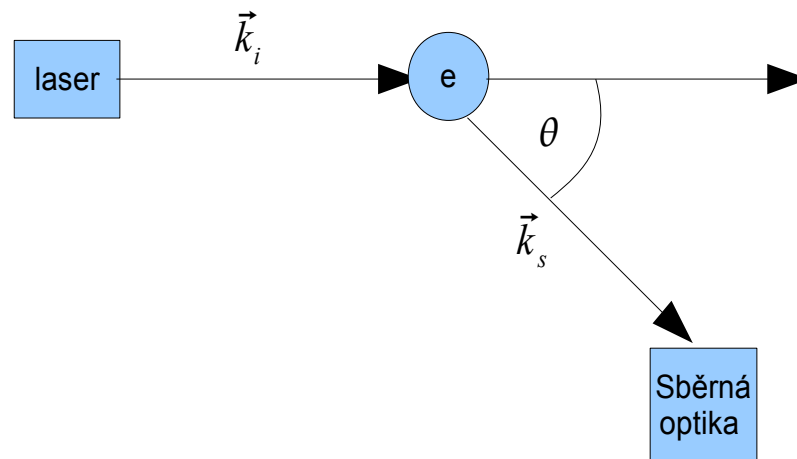
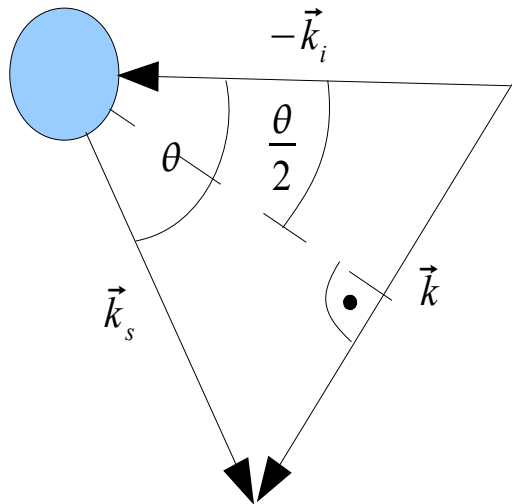
několik mm až cm s časovými odstupy řádově μs až ms

Geometrie rozptylu

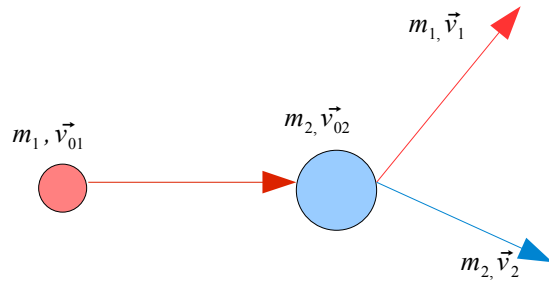


Geometrie experimentu

Elektron, na kterém
dochází k rozptylu



Thomsonův rozptyl: absorpce a emise
elektromagnetického záření
 $\hbar\omega \ll m_e c^2$



Comptonův rozptyl: srážka částic, $\hbar\omega \gg m_e c^2$

Salpeterův parametr

$$\alpha = \frac{1}{k \lambda_D} = \frac{\lambda_0}{4 \pi \lambda_D \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}$$

$\alpha \ll 1$ nekoherentní

$\alpha \gg 1$ koherentní

Hlavní systémy nekoherentního Thomsonova rozptylu

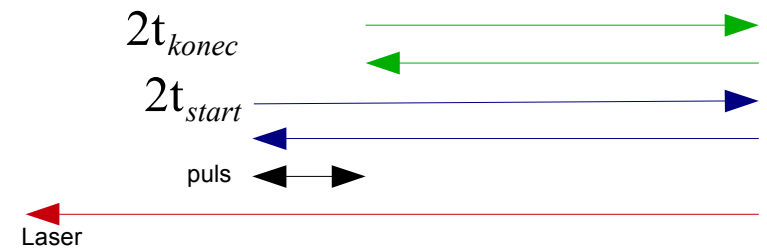
Klasický Thomsonův rozptyl

- TV TS systém
- Nd:YAG/APD systém

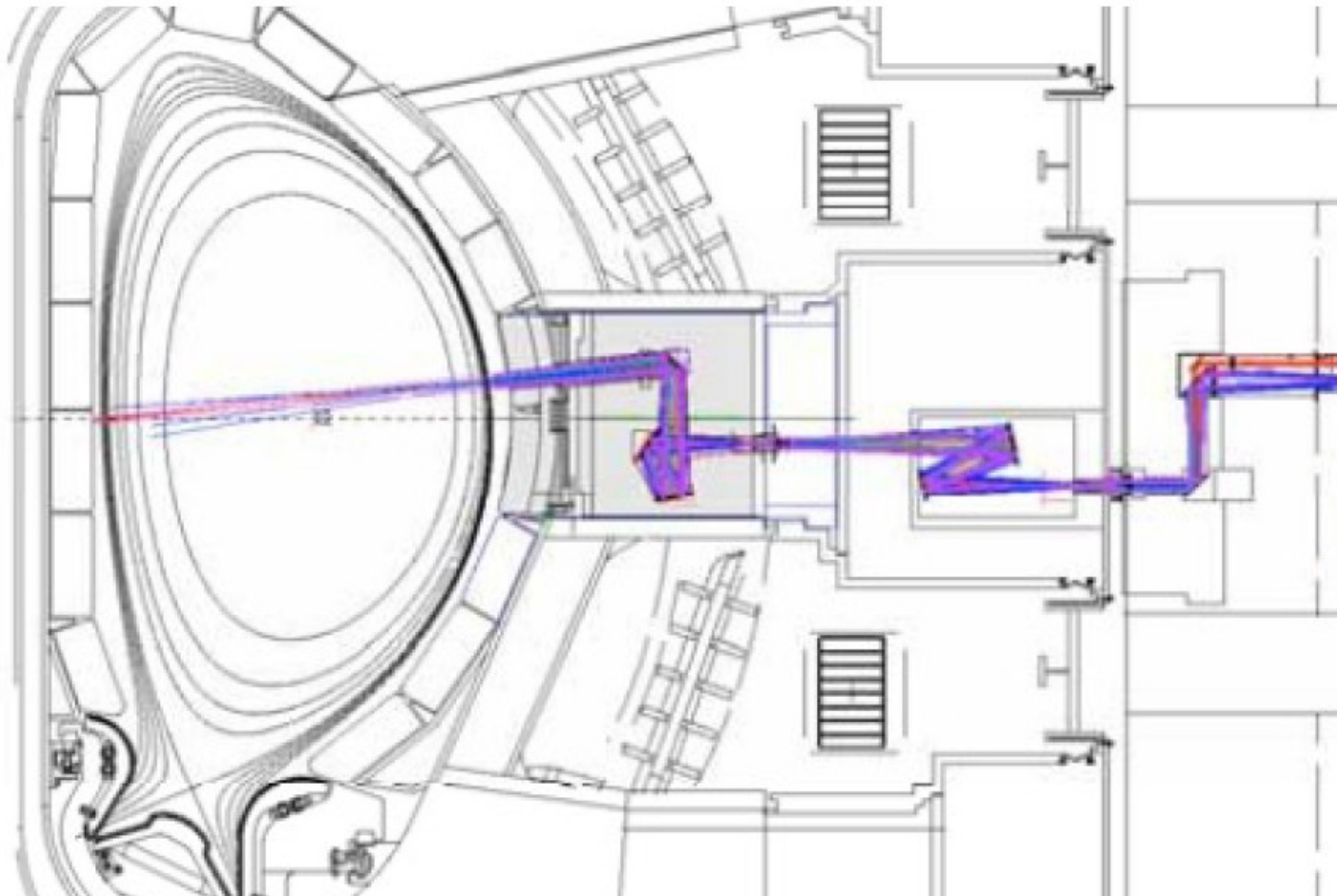
LIDAR TS systém

LIDAR TS systém

velmi krátké laserové pulzy
rubínový laser
LIDAR ~ RADAR
tokamaky JET, ITER



System LIDAR pro střed tokamaku ITER



Thomsonův rozptyl na tokamaku COMPASS

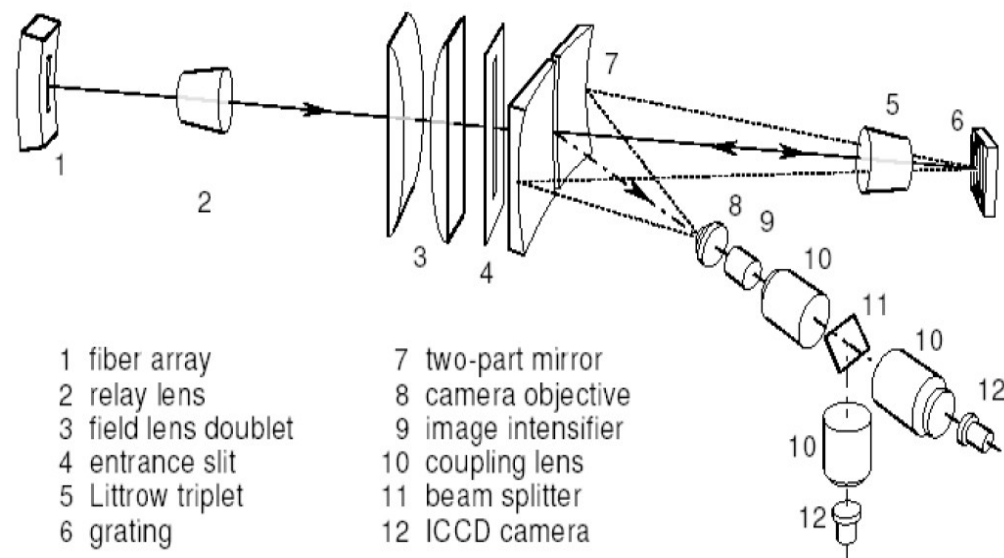
Hlavní systémy nekoherentního Thomsonova rozptylu

Klasický Thomsonův rozptyl

- TVTS systém

mřížkový spektrometr

dvě CCD nebo CMOS kamery

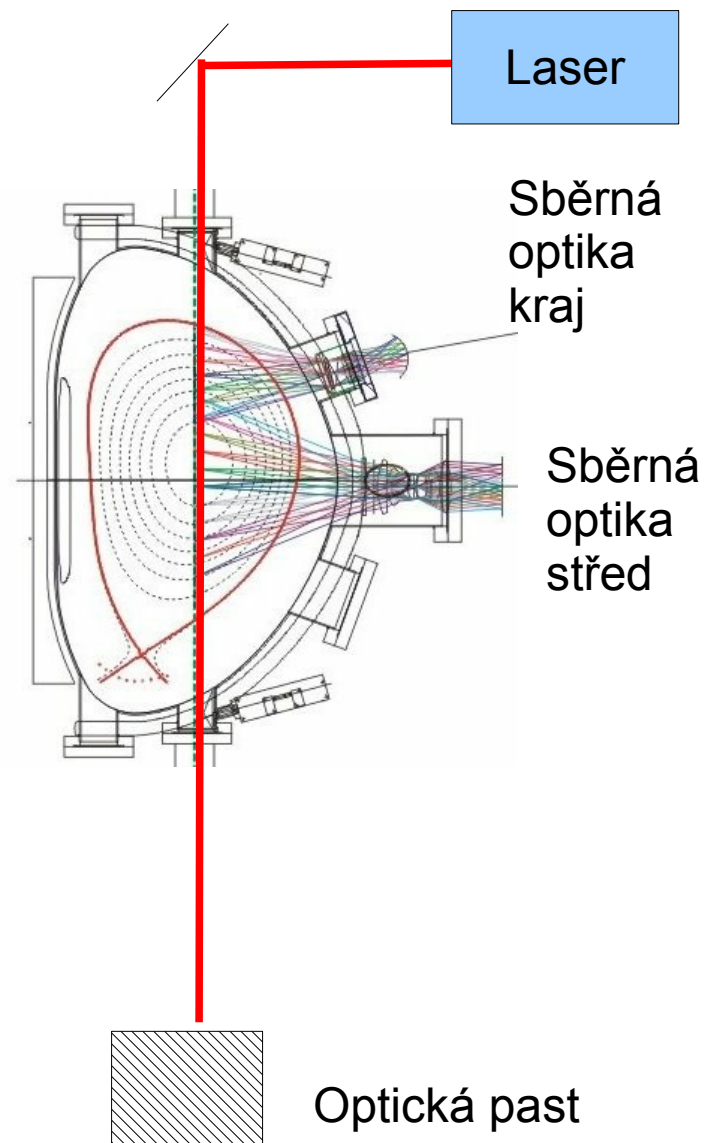


Hlavní systémy nekoherentního Thomsonova rozptylu

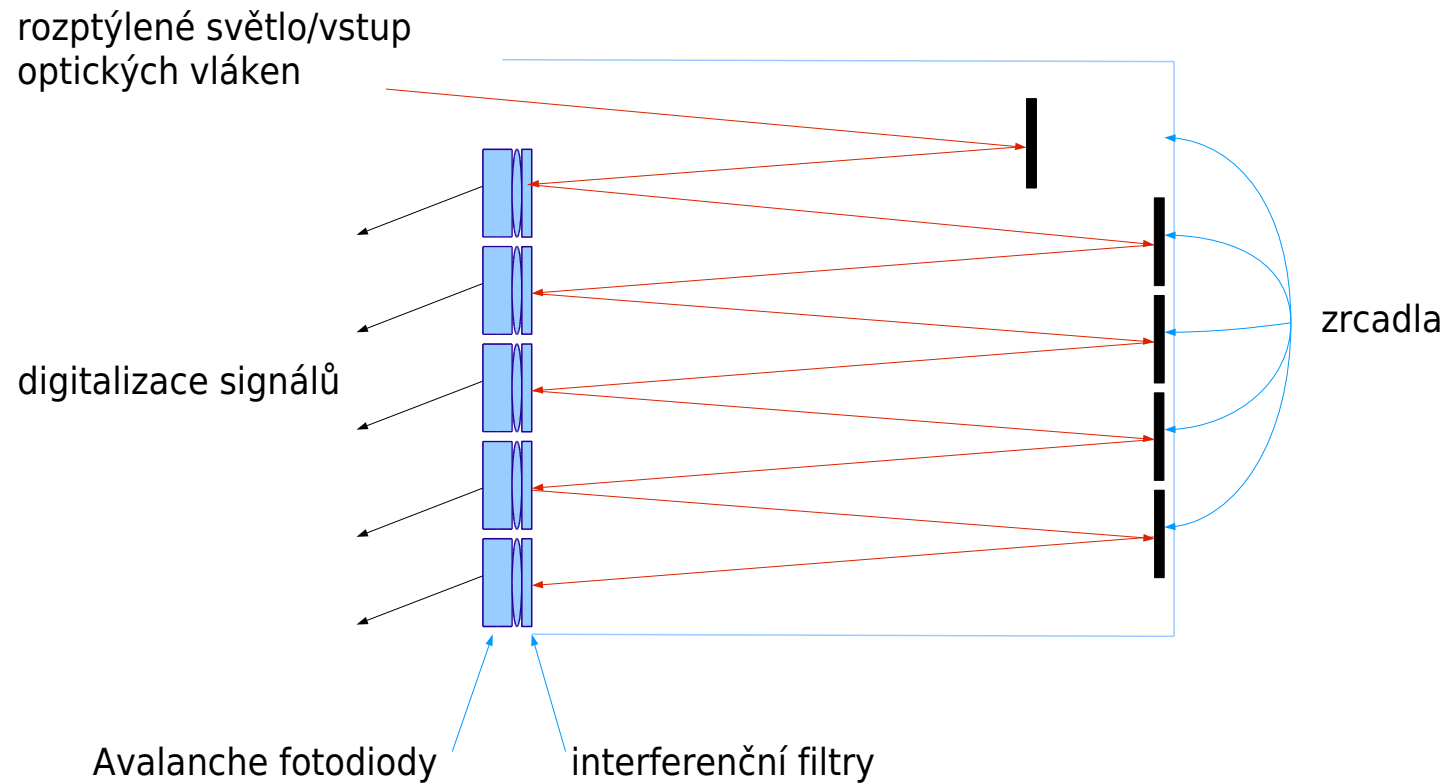
Klasický Thomsonův rozptyl

- **Nd:YAG/APD TS systém**

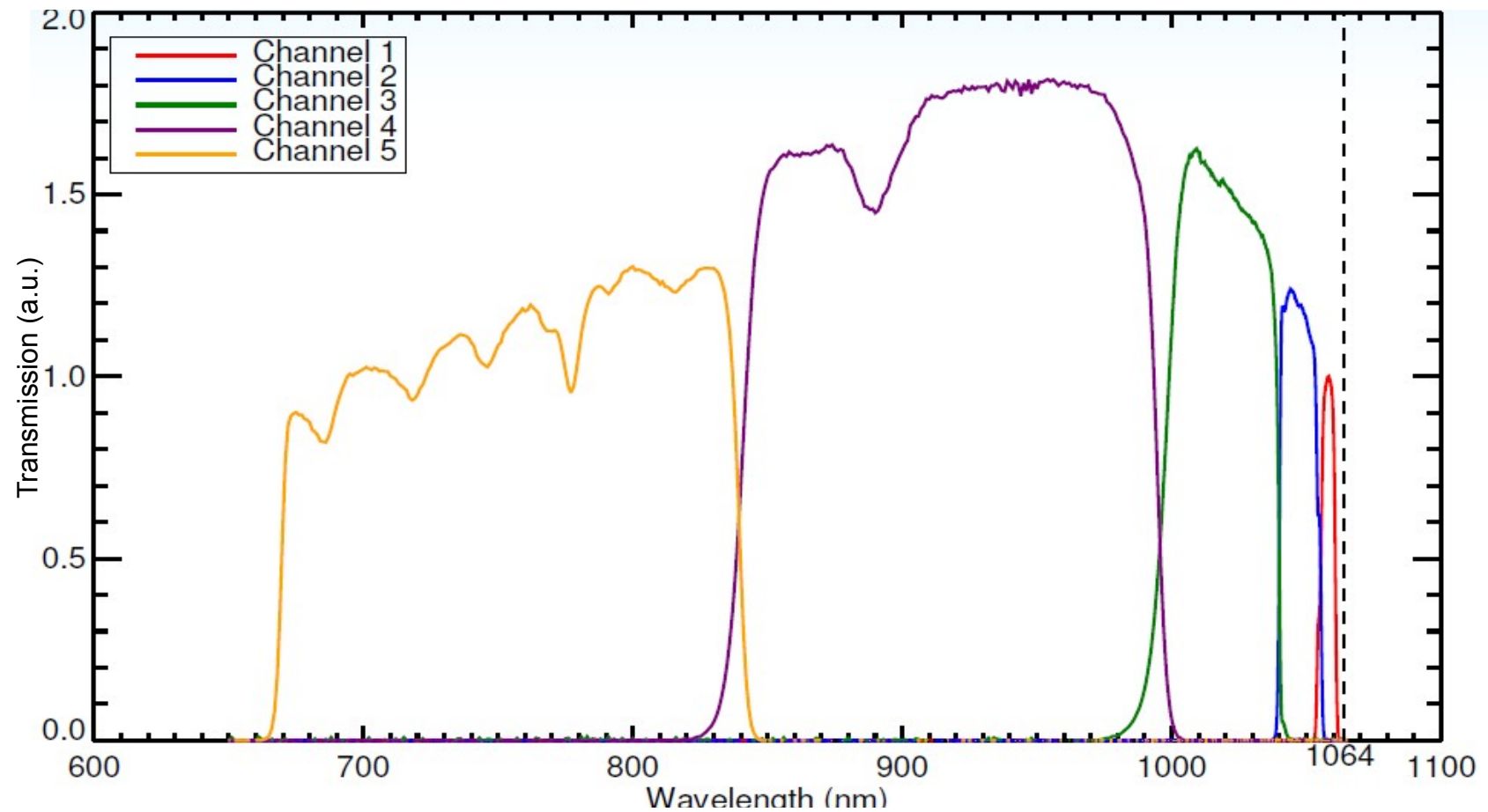
detekce rozptýleného a spektrálně rozloženého světla pomocí Avalanche Photo diod spektrometry



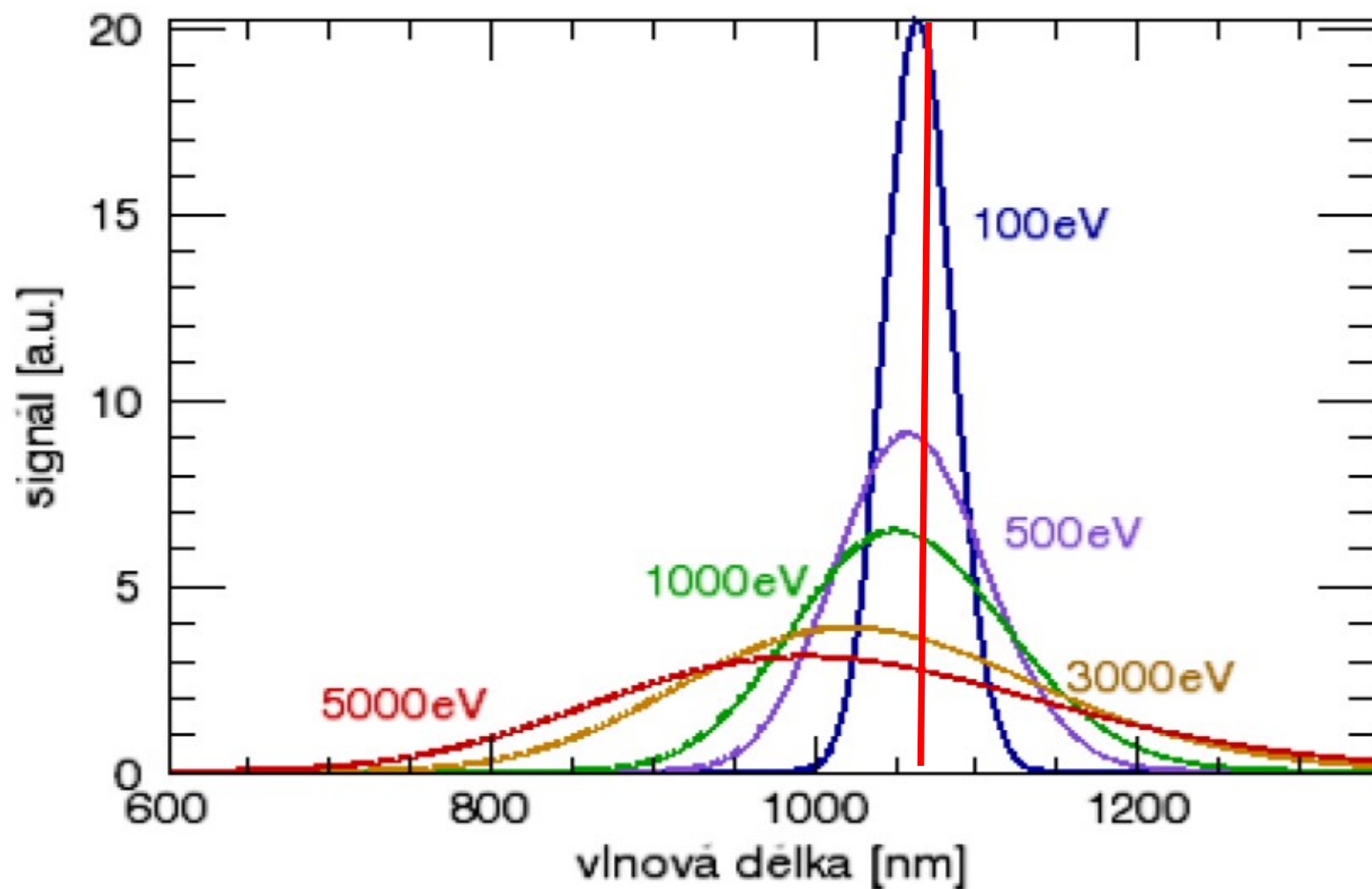
Spektrometr



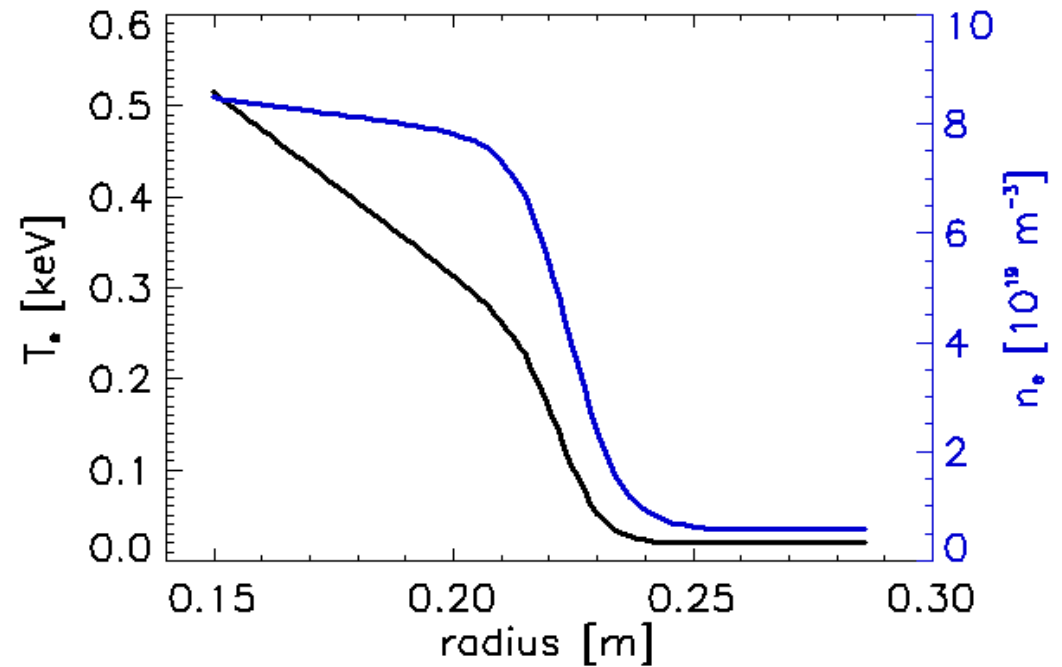
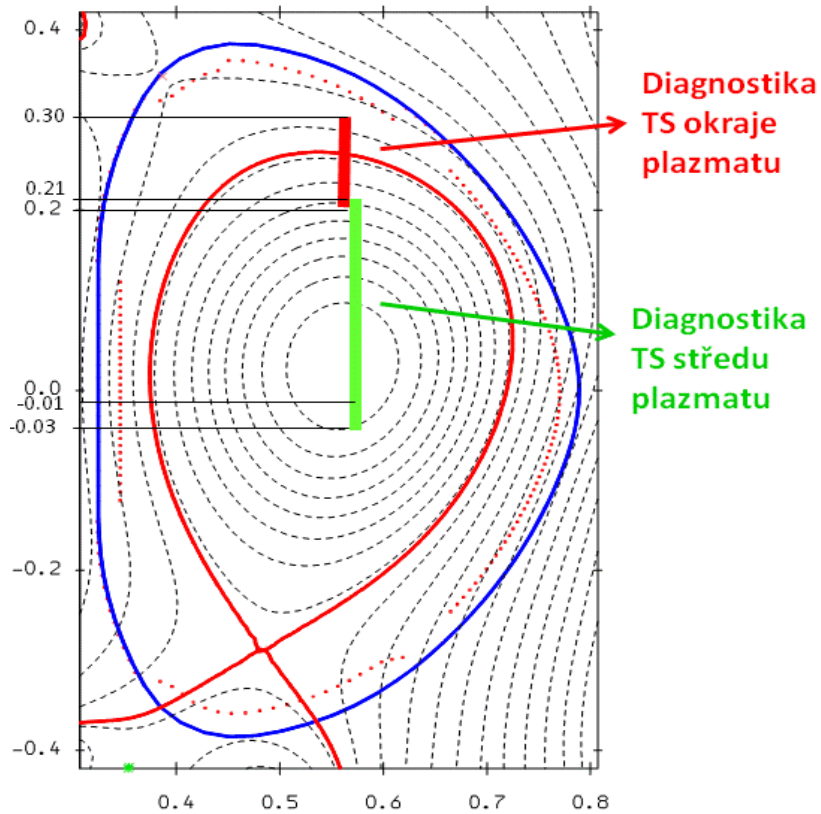
Rozložení vlnových délek na kaskádě vlnových filtrů



Spektrum rozptýleného signálu

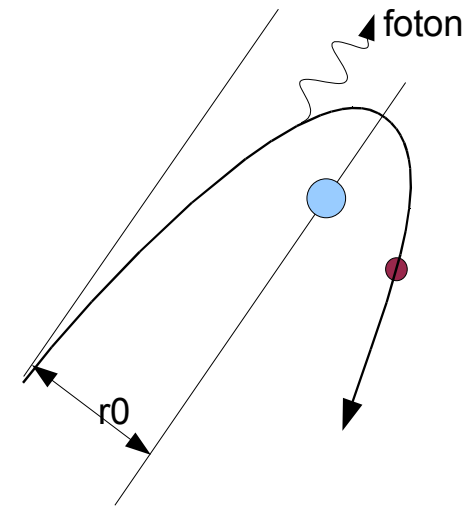


Diagnostika Thomsonova rozptylu na tokamaku COMPASS



Problémy

- Velmi malý účinný průřez
- Záření pozadí může převýšit signál
brzdné záření
rozptýlené záření
- Je nutné pozadí redukovat
rychlá sekvence krátkých výstřelů
světelná past v tokamaku
filtr pro oddělení H_α a centrální vlnové délky na tokamaku
TEXTOR



Tokamak COMPASS

	střed plazmatu	okraj plazmatu
Elektronová teplota	$10^2 - 5 \cdot 10^3 \text{ eV}$	$20 - 10^3 \text{ eV}$
Elektronová hustota	10^{20} m^{-3}	10^{19} m^{-3}
Debyeova vlnová délka	$5,2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$	$1,05 \cdot 10^{-5} \text{ m}$
Salpeterův parametr	0,0023	0,01
Úhel sběru dat	90°	71°
Prostorové rozlišení	8,1 - 12,4mm	3,1 - 4,6mm

Tokamak COMPASS

	objektiv - střed	objektiv - okraj	spektrometr
$dS [mm^2]$	$2*5*10 = 100$	$2*5*3 = 30$	$9\pi/4 = 7,07$
$d\Omega [sr]$	0,018	0,018	0,256
F/#	6,6	6,6	1,75
$E [mm^2 sr]$	1,8	0,54	1,809

Etendue

$$\varepsilon = dS d\Omega$$

F – číslo : poměr ohniskové vzdálenosti
a průměru čočky

Časové rozlišení: 2 lasery
1,5J
30Hz

Celkem: 57 prostorových bodů
29 spektrometrů: 28 duplexování
1 měření 1 bodu – kontrola pozice laseru

Shrnutí

- určování elektronové teploty a elektronové hustoty
 - pružný rozptyl elektromagnetických vln na volných elektronech $\hbar\omega \ll m_e c^2$
 - středová a krajová diagnostika
-
- Nd:YAG/APD
 - TV TS
 - LIDAR

Děkuji za pozornost