

# Měření hustoty okrajového plazmatu pomocí energetického svazku Li atomů na tokamaku COMPASS

Jaroslav Krbec

Zimní Workshop FTTF  
Mariánská u Jáchymova

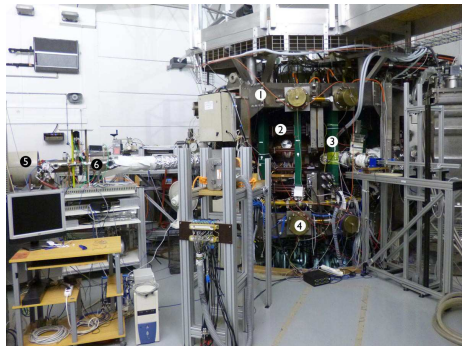
9.1.2014

# Table of Contents

- 1 Tokamak COMPASS
- 2 Li svazek
  - Popis diagnostiky
- 3 Rekonstrukční program
  - Výpočet světelného profilu
  - Výpočet hustotního profilu (kalibrace)
- 4 CCD camera - pomalé měření
- 5 APD - rychlé měření

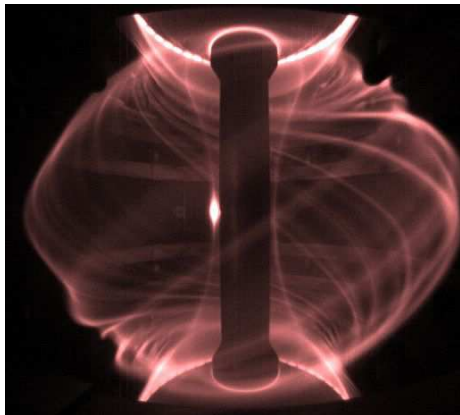
# Tokamak COMPASS

- Tokamak COMPASS = 1/10 ITER
- Cíl tokamaku COMPASS: studium okrajového plazmatu
- Nestability na okraji plazmatu - vyvržení částic a záření na stěny komory, snížení fúzního výkonu
- Li svazek vhodný nástroj pro měření hustoty na okraji plazmatu (BES) a proudových perturbací (ABP)



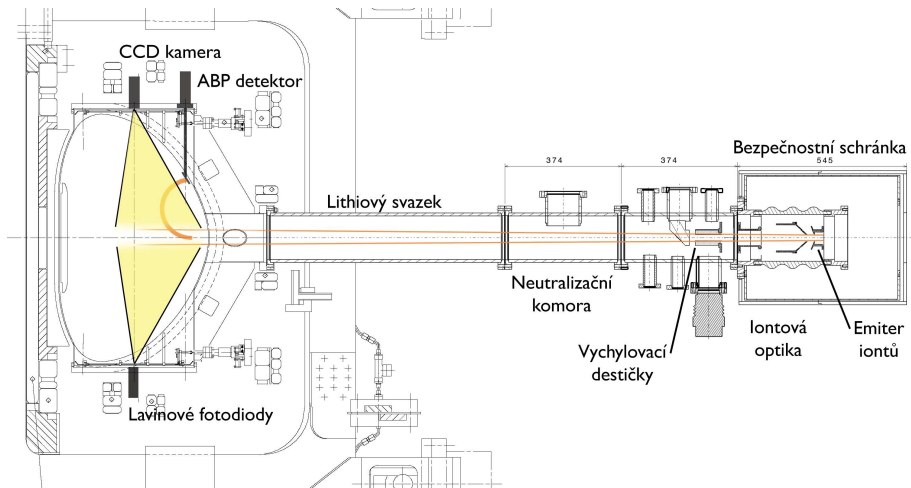
# Tokamak COMPASS

- Tokamak COMPASS = 1/10 ITER
- Cíl tokamaku COMPASS: studium okrajového plazmatu
- Nestability na okraji plazmatu - vyvržení částic a záření na stěny komory, snížení fúzního výkonu
- Li svazek vhodný nástroj pro měření hustoty na okraji plazmatu (BES) a proudových perturbací (ABP)



# Popis diagnostiky

$E_{beam} = 20-120 \text{ keV}$ ,  $I_{beam} = 1 \text{ mA}$ , časové rozlišení CCD 20ms, APD  $\mu\text{s}$



# Výpočet světelného profilu

vstupní data: hustota plazmatu  $n_e = n_{ion}$  ( $Z_{eff} = 1$ ), elektornová teplota  $T_e$

výstupní data: vypočtený světelný profil  $L$ , populace excitačních stavů  $N_i$

## Srážkově-radiační model

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial x} N_i = & \sum_{j,j \neq i} \frac{\langle \sigma_{e,ji} v \rangle}{v_b} n_e N_j - \sum_{j,j \neq i} \frac{\langle \sigma_{e,ij} v \rangle}{v_b} n_e N_i + \sum_{j,j \neq i} \sigma_{p,ji} n_{ion} N_j - \sum_{j,j \neq i} \sigma_{p,ij} n_{ion} N_i \\
 & + \sum_{j,j > i} \frac{A_{ji}}{v_b} N_j - \sum_{j,j < i} \frac{A_{ij}}{v_b} N_i - \frac{\langle \sigma_{eion,i} v \rangle}{v_b} n_e N_i - \sigma_{pEL,i} n_{ion} N_i
 \end{aligned} \tag{1}$$

Systém 5ti diferenciálních rovnic (1) je řešen Runge-Kuttovou metodou 4. řádu.

# Výpočet hustotního profilu (kalibrace)

vstupní data: změřený světelný profil  $Li_{2p}$ , populace excitačních stavů  $N_j$   
 výstupní data: hustota plazmatu  $n_p$

## Rovnice pro hustotu

$$\alpha Li_{2p}(z) = N_2(z), \quad \alpha = \text{const.} \quad (2)$$

$$n_e(z) \approx \frac{\alpha(Li_{2p}(z+h) - Li_{2p}(z)) - \alpha A_{22} \int_z^{z+h} Li_{2p}(s) ds - h A_{2k} N_k(z)}{\alpha \int_z^{z+h} \sigma_{22}(s) Li_{2p}(s) ds + \int_z^{z+h} \sigma_{2l}(s) ds N_l(z)} \quad (3)$$

$$k \equiv j \neq 2, \quad l \equiv j > 2.$$

$$\sigma_{2j} = \sigma_{e,2j} + \sigma_{p,2j} \quad (4)$$

Rovnice (3) je řešena 5ti krokovou Adams-Bashforth metodou.

# Výpočet hustotního profilu (kalibrace)

Hledá se  $\alpha$  tak aby vypočtený hustotní profil  $n_e$  odpovídal skutečnosti.

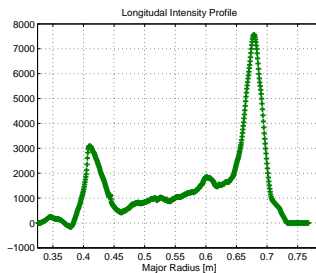
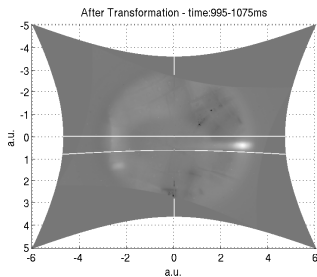
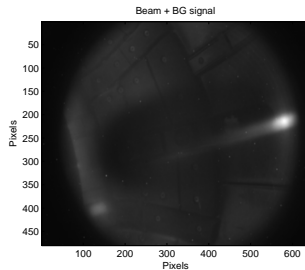
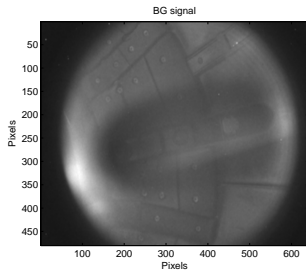
## Kalibrace

$\alpha_{OK} \in (0, b)$  inicializace  $\alpha = 0$   $\Delta\alpha = b$ ,

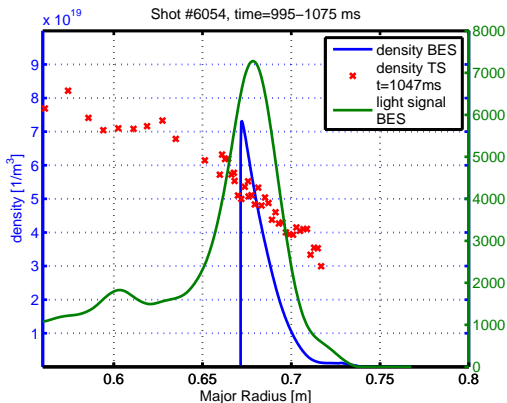
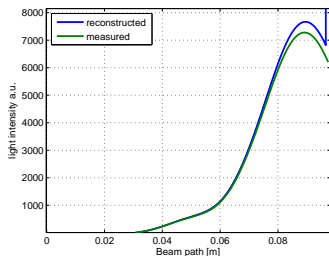
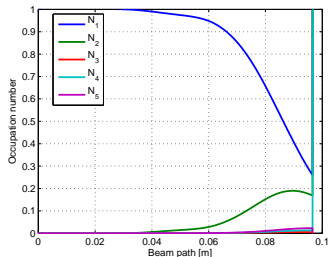
Když  $\alpha \leq \alpha_{OK}$  pak  $\alpha = \alpha \mp \frac{\Delta\alpha}{2}$  a  $\Delta\alpha = \frac{\Delta\alpha}{2}$ .



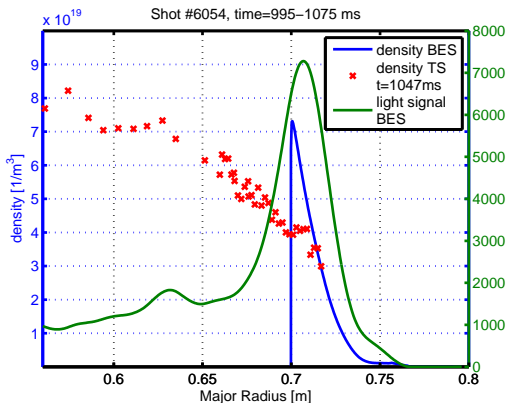
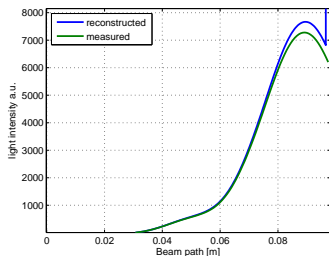
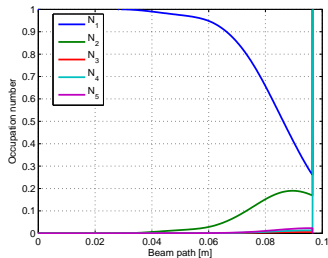
# CCD camera - pomalé měření



# CCD camera - pomalé měření



# CCD camera - pomalé měření



## APD - rychlé měření

