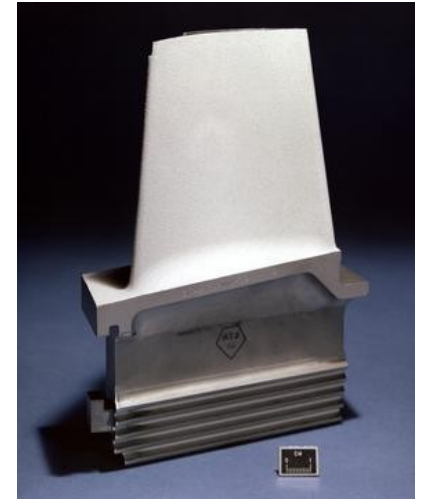


# Vysokovýkonové pulzní magnetronové naprašování tenkých filmů $\text{ZrO}_2$

Ing. Jiří Rezek

## Proč ZrO<sub>2</sub>?

- nízká tepelná vodivost=>tepelné bariéry
- zajímavé optické vlastnosti
- tažná keramika
- dobré mechanické vlastnosti

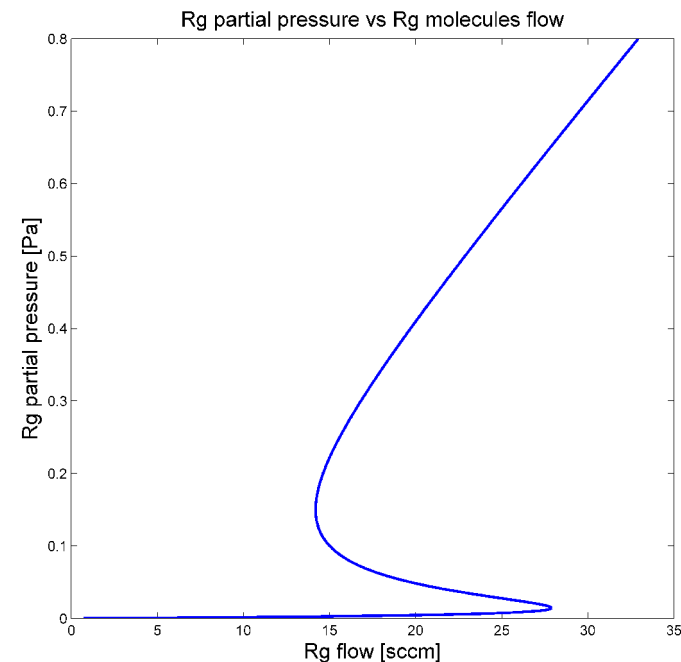


## Proč HiPIMS?

- nová a prudce se rozvíjející oblast (od r. 1999)
- výkonová hustota v pulzu: až několik  $\text{kW/cm}^{-2}$   
(dc naprašování: max. několik  $\text{W/cm}^{-2}$ )
- možnost vytvoření vysoce ionizovaného plazmatu  
=>
  - vysoký podíl iontů (až 95%) terčového materiálu v toku na substrát
  - možnost ovlivnění el. polem=> densifikace vrstev, zlepšení adheze,..
- náš zdroj: Hüttinger HMP 2/1 (2000V/1000A)

# Reaktivní naprašování

- přítomnost reaktivního plynu komplikuje stabilitu procesu:
  - otravování terče ( $S_{\text{compound}} \sim 0.1 S_{\text{metal}}$ )
  - mizení anody ( lze eliminovat bipolárním systémem)
  - vznik mikro- a makro-oblouků (významné při nízkých frekvencích (<5 kHz))



# ZrO<sub>2</sub> – situace

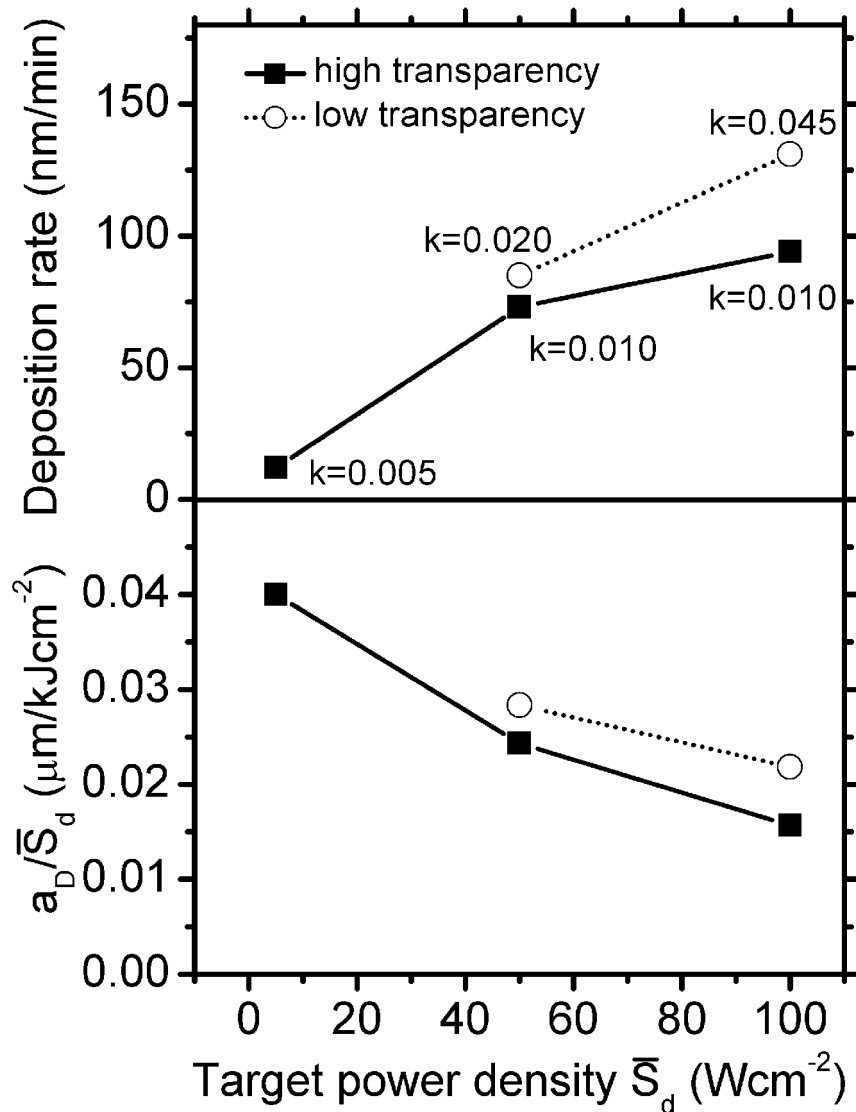
Cíl: připravit transparentní ZrO<sub>2</sub> vrstvy za vysoké depoziční rychlosti

- možné přístupy:
  - depozice v oxidovém módu
    - nízká dep. rychlost, problémy s oblouky (  $f_r < 500\text{Hz}$ , unipolární zdroj)
  - depozice v přechodovém módu
    - možnost dosáhnout vyšších dep. rychlostí při velmi dobré transmitanci vrstev
    - proces je třeba řídit

# ZrO<sub>2</sub> – systém řízení

- zavedena zpětná vazba
- možné zatížení v periodě: až 100Wcm<sup>-2</sup>  
(ox.mód~10Wcm<sup>-2</sup>)
- zabránění kompletnímu otrávení terče=> eliminace mikrooblouků
- probíhá patentové řízení

# ZrO<sub>2</sub> – depoziční charakteristiky



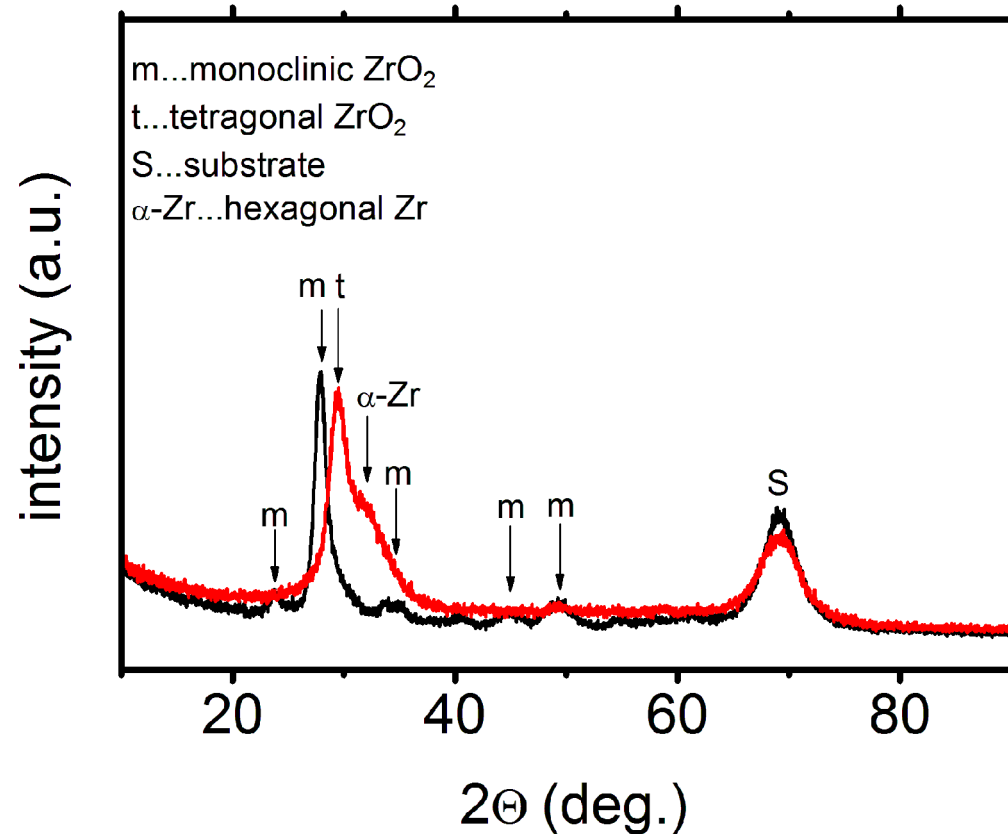
- možnost řízení transparence vrstev

- dosaženo dep. rychlosti 94nm/min pro transparentní vrstvu (~80% pro tloušťku 1μm)

# ZrO<sub>2</sub> – struktura vrstev

— k=0.008, T<sub>EoD</sub>=200°C, 69 at. % O

— k=0.1, T<sub>EoD</sub>=175°C, 60 at.% O



- struktura závislá na transparentci (resp. poměru O/Zr )
- méně transparentní vrstvy: dominantní fáze je vysokoteplotní t-ZrO<sub>2</sub> (T<sub>trans</sub> ~1220°C)



# Závěr

- vyvinut řídicí systém pro vysokorychlostní HiPIMS depozici  $\text{ZrO}_2$
- dosažena dep. rychlost 94nm/min (ox. mód: <10 nm/min)
- pro vrstvy s nízkým poměrem O/Zr dominantní vysokoteplotní t- $\text{ZrO}_2$  pro  $T_{\text{dep}} = 175^\circ\text{C}$