

Spätnoväzbové riadenie reaktívneho magnetronového naprašovania zariadením Speedflo

Peter Klein

Obsah

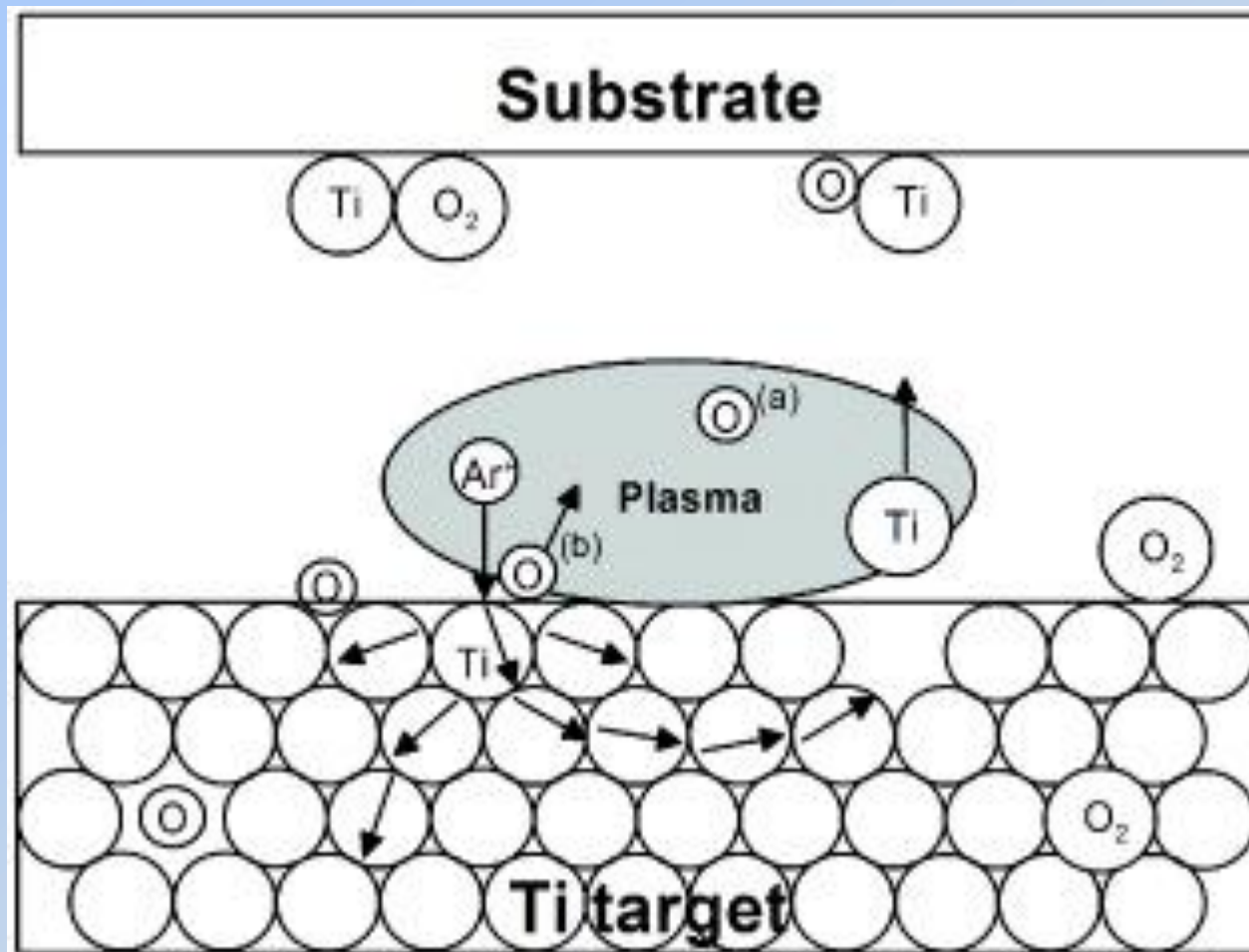
- Reaktívne magnetrónové naprašovanie
- Hysterézne správanie
- Speedflo
- Premenné PDF algoritmu
- Ramp mód
- Modelovanie reaktívneho naprašovania
- Zhrnutie

Reaktívne magnetrónové naprašovanie

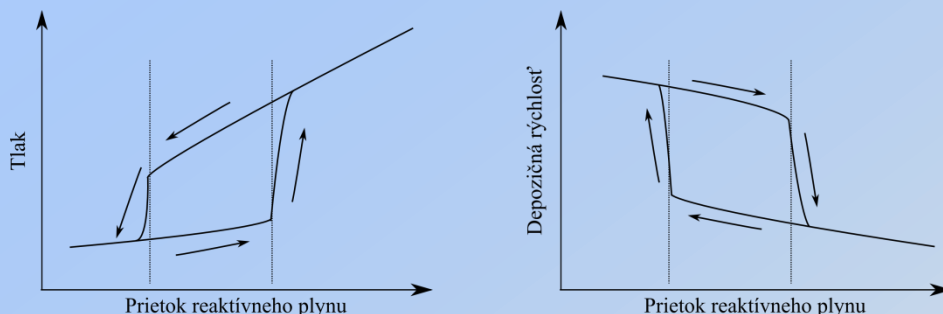
- Do procesu naprašovania vstupuje reaktívny plyn, napr. dusík a kyslík
- Reaktívny plyn obohacuje deponovanú vrstvu
- Reaktívny plyn zároveň ovplyvňuje celý proces



Reaktívne magnetrónové naprašovanie

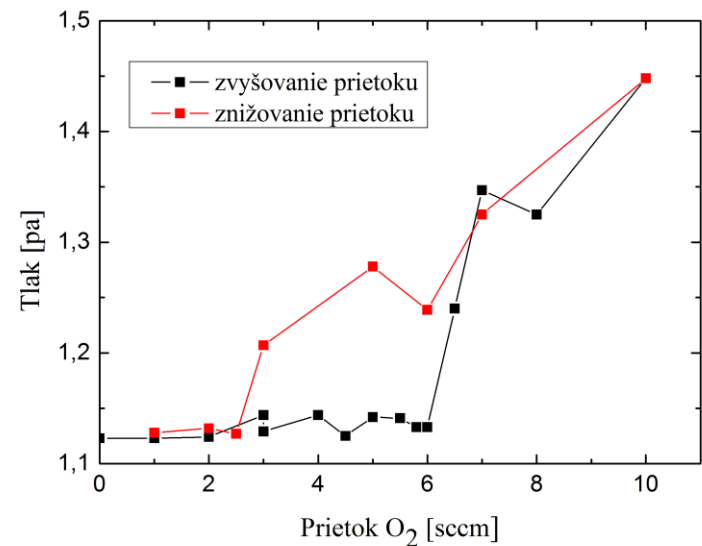
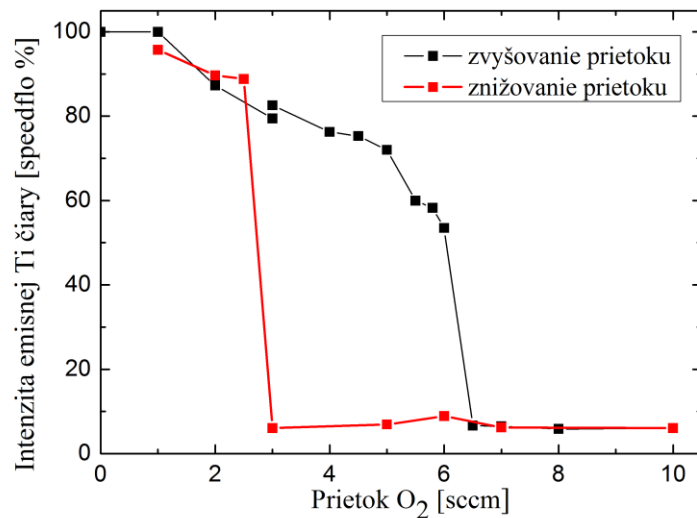
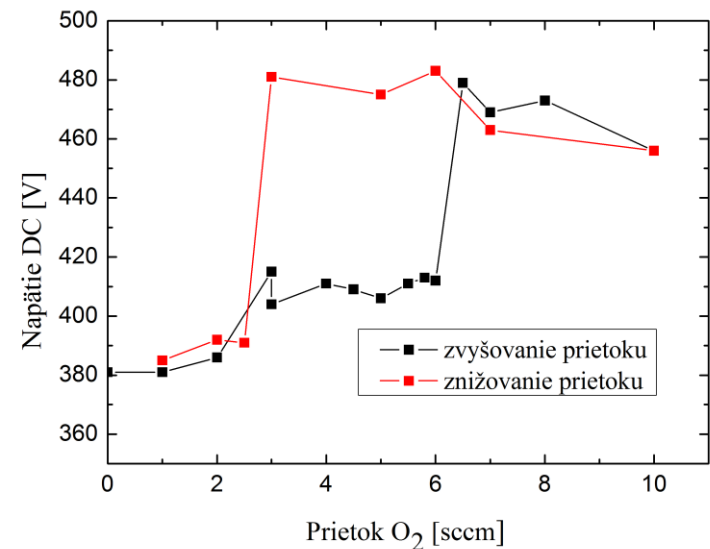


Hysterézne správanie



- Väčšina reaktívnych plynov vykazuje tzv. hysterézne správanie
- Pri zvyšovaní prietoku reaktívneho plynu sa tento plyn adsorbuje na steny magnetrónu a substrátu, na terči sa vytvára vrstva zložených molekúl , terč sa otravuje
- Zložené molekuly sa odprašujú zložitejšie
- Proces depozície/ rast vrstvy sa značne spomalí
- Na zmenu z otráveného režimu je nutné znížiť prietok reaktívneho plynu na hodnotu výrazne menšiu ako bola hodnota kedy vznikol otrávený stav

Hysterézne správanie - meranie

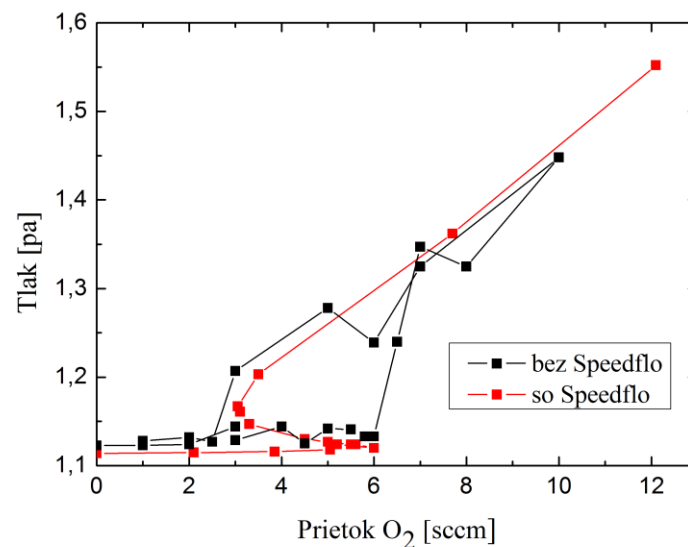
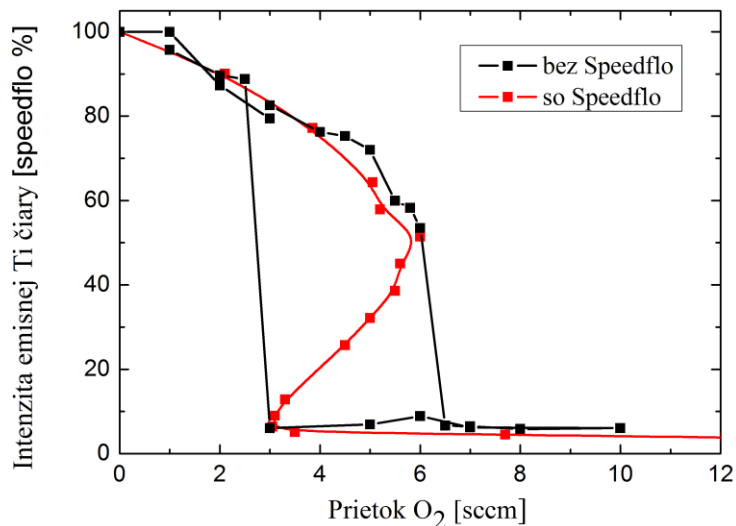
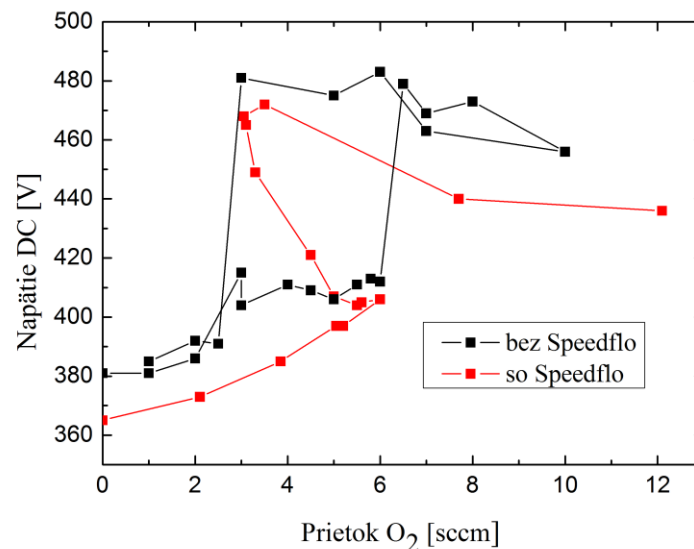


Speedflo

- Umožňuje predísť hysteréznemu správaniu
- Na základe vstupného signálu podľa určitého algoritmu dynamicky upravuje prietok reaktívneho plynu
- Štandardným vstupom je optické vlákno s filtrom ktorý prepúšťa určitú vlnovú dĺžku, poprípade vstup pre BNC kábel



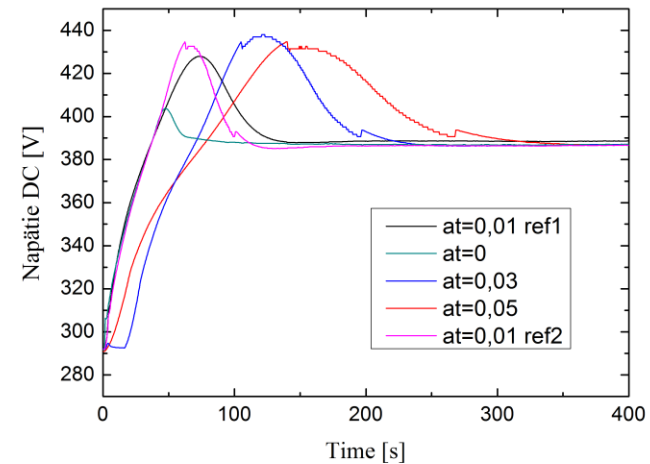
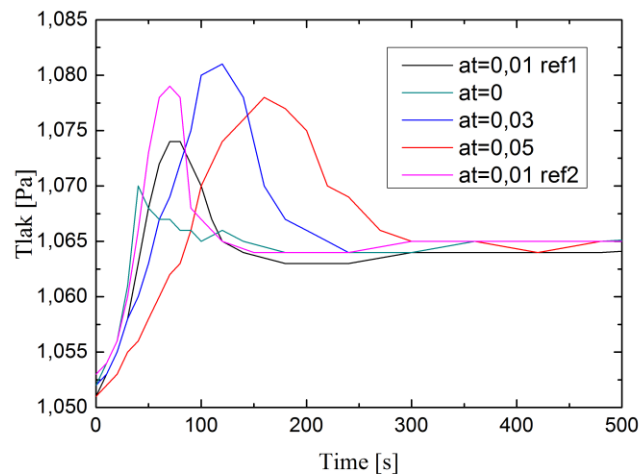
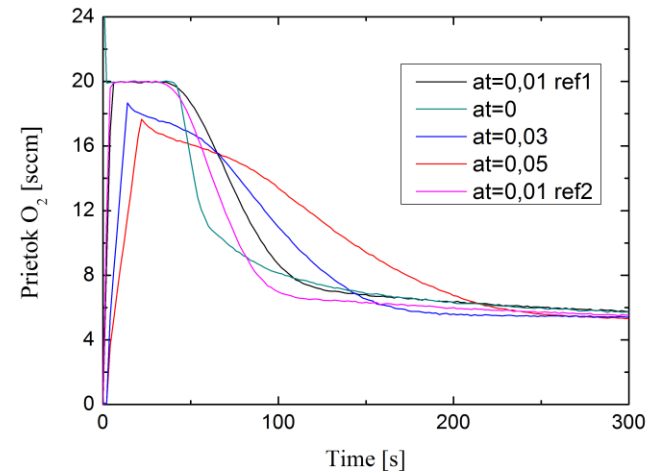
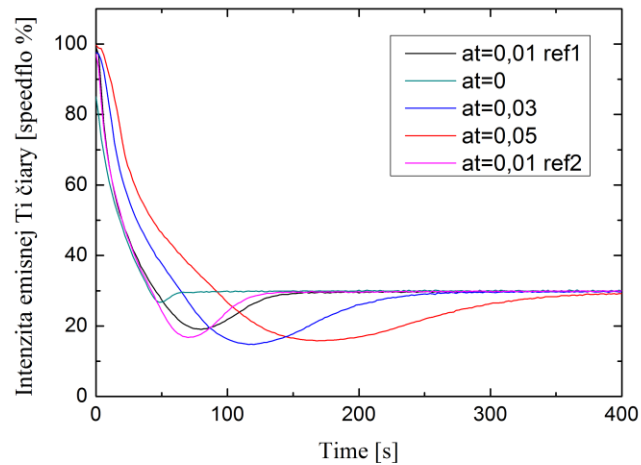
Speedflo - meranie



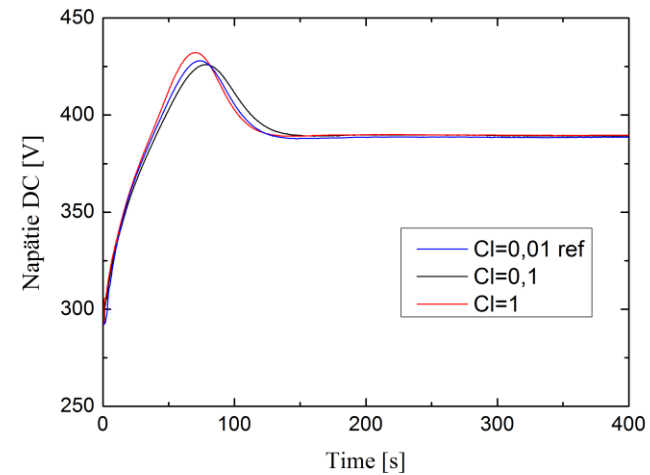
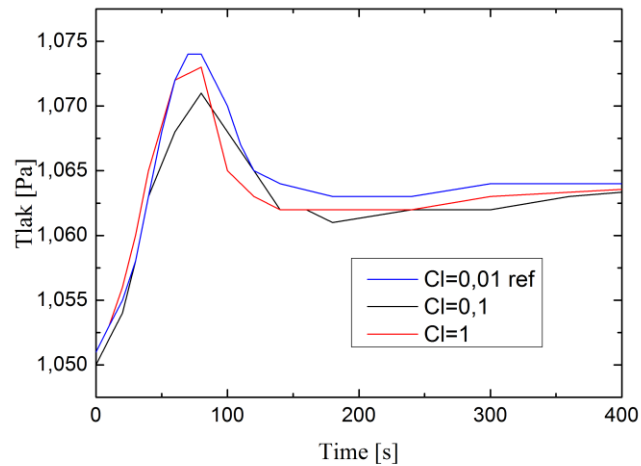
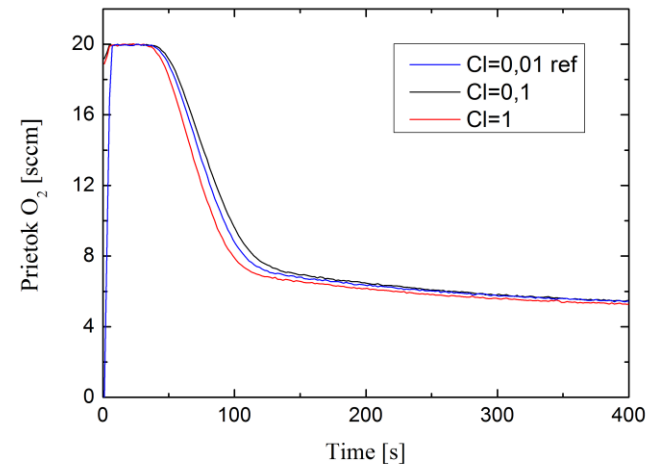
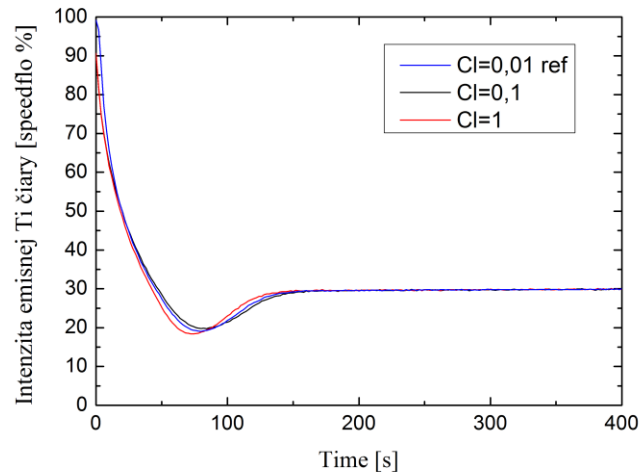
Pdf+ algoritmus

- Používa pseudoderiváciu nameranej funkcie vstupného signálu na zmene prietoku plynu
- Má viacero premenných
 - $A_t = 0...1$ – oneskorenie reakcie na vstupný signál
 - $C_l = 0,001..1$ – veľkosť maximálnej povolenej zmeny
 - $K_1 = 0,1..0,5$ – súvisí s veľkosťou zmeny v jednom kroku algoritmu
 - $K_2 = 0,0001..0,0005$ –súvisí s veľkosťou časovej konštanty algoritmu

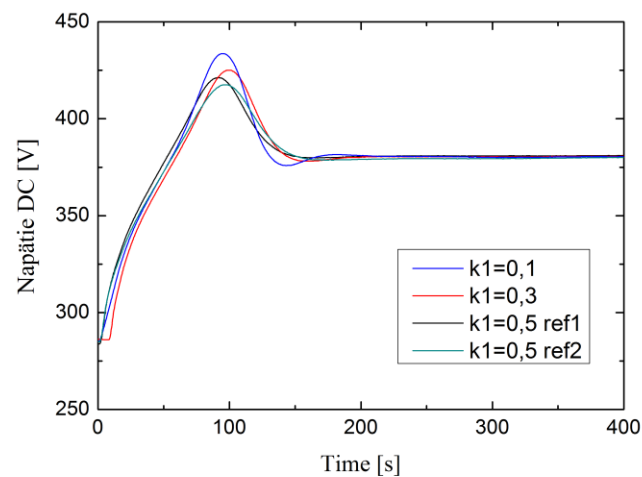
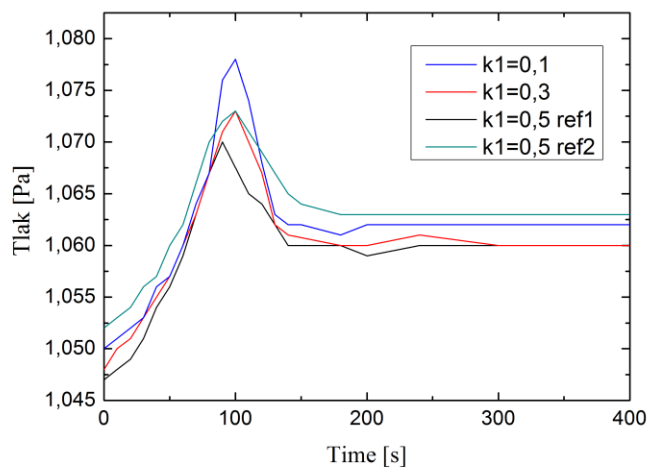
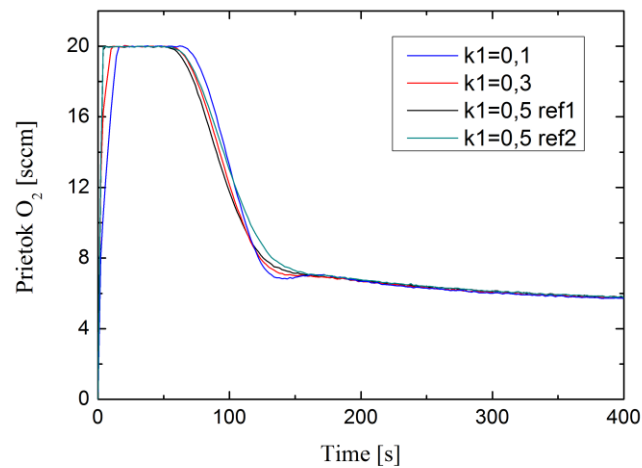
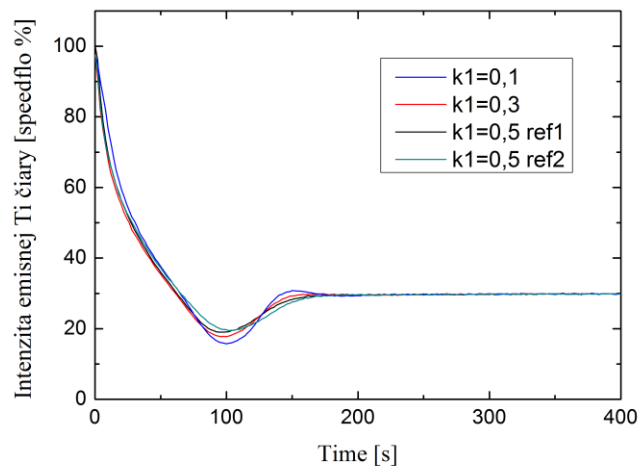
At - meranie



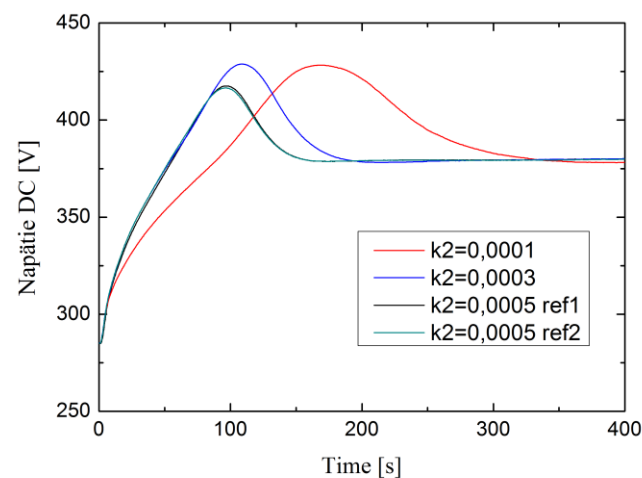
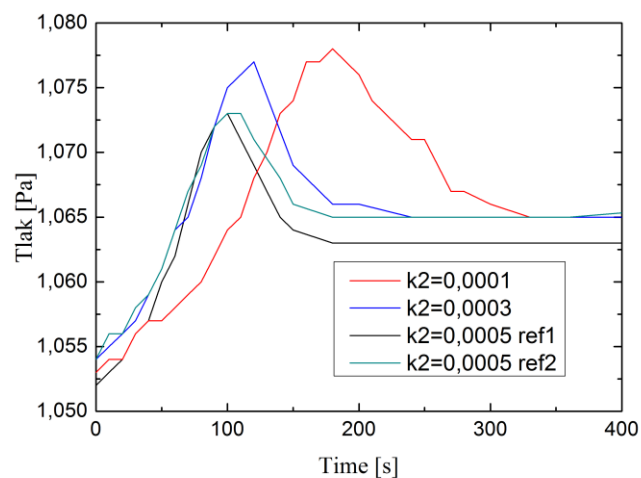
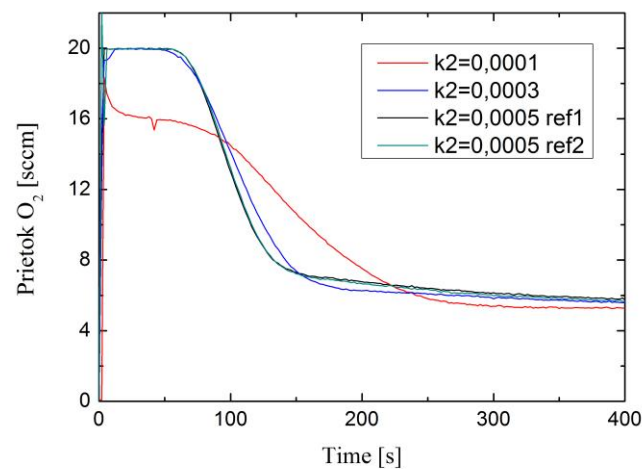
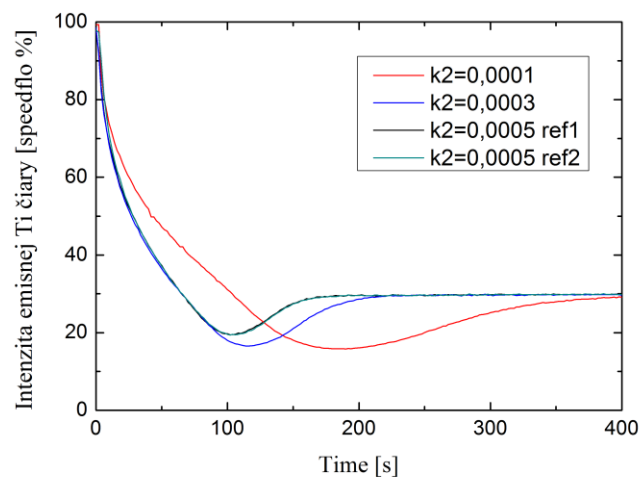
Cl - meranie



K_1 - meranie



K₂ - meranie

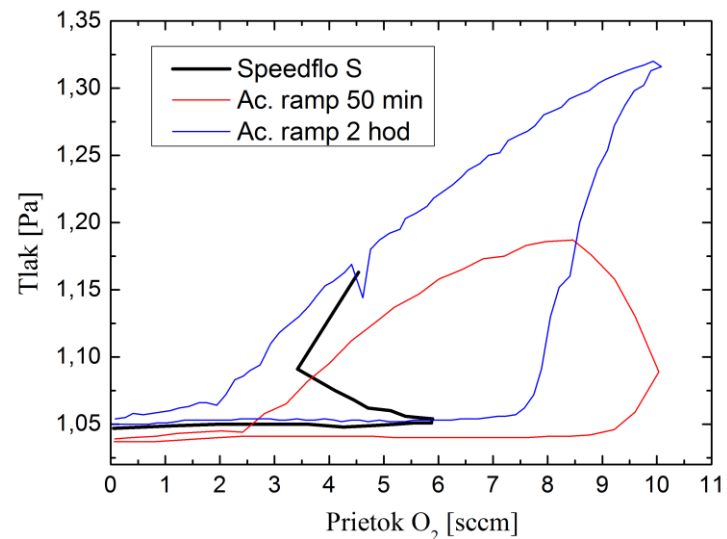
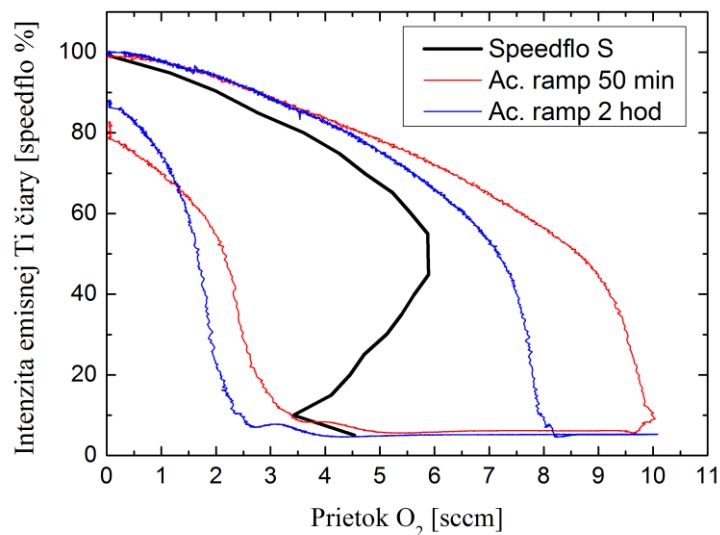
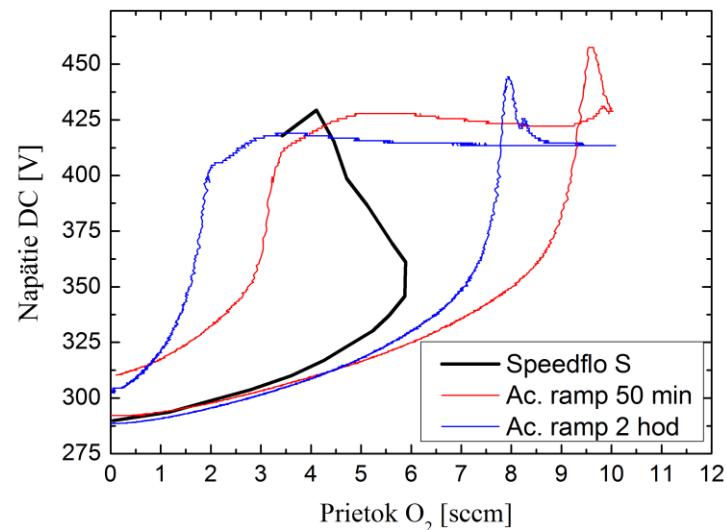


Ramp mód

- Určený na vytváranie multivrstiev
- Má dva módy
- V móde actuator Speedflo lineárne po zadanú dobu zväčšuje, alebo znižuje prietok reaktívneho plynu
- V móde sensor Speedflo pomocou PDF+ algoritmu mení prietok plynu tak, aby sa lineárne menil vstupný signál

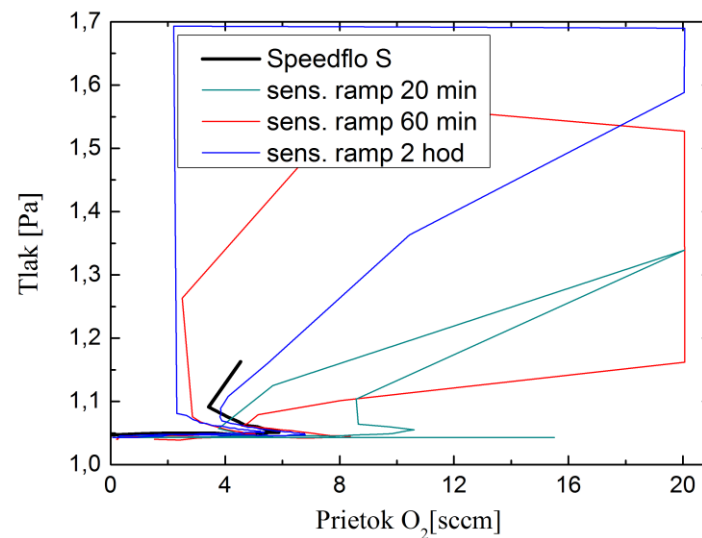
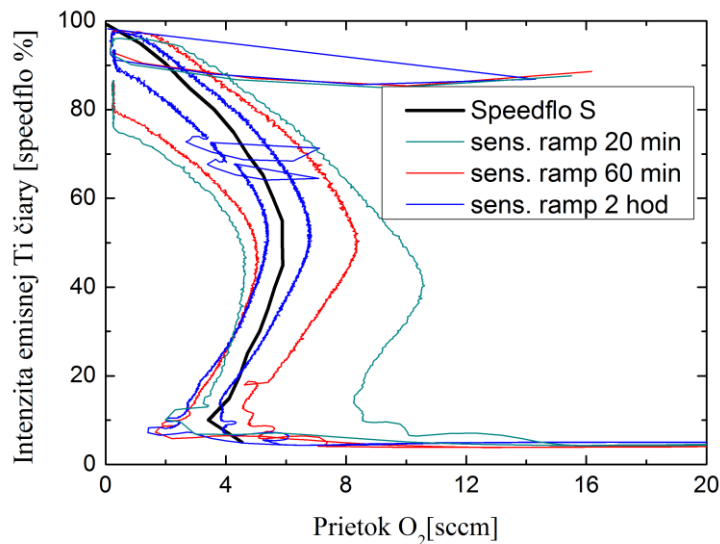
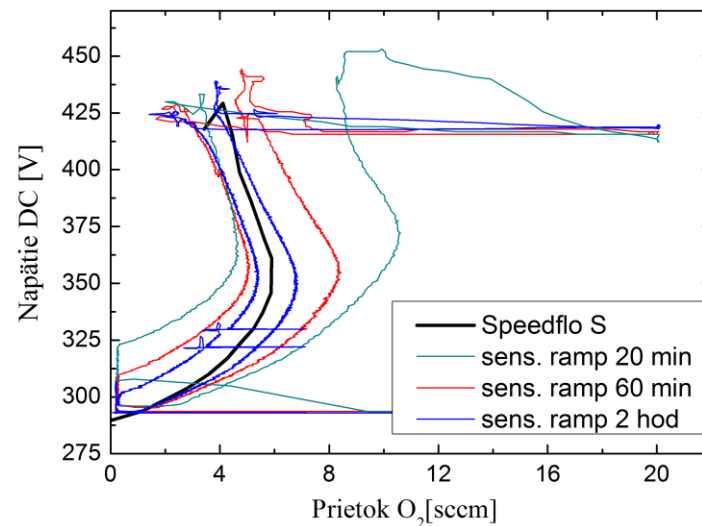
Ramp mód

- Actuator mód



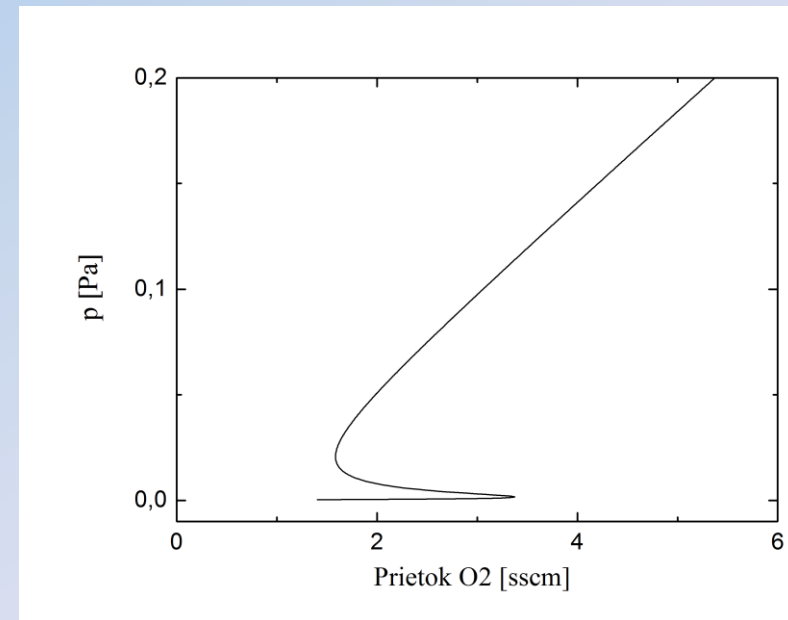
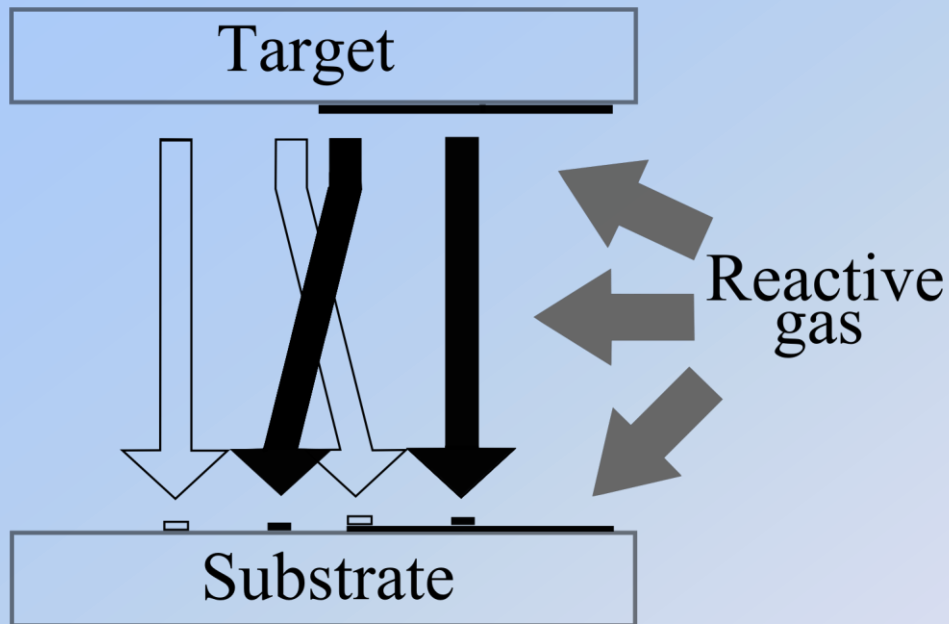
Ramp mód

- Sensor mód



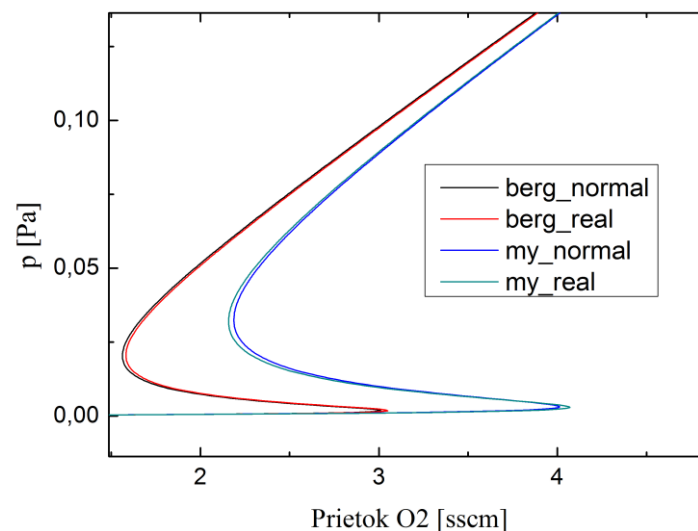
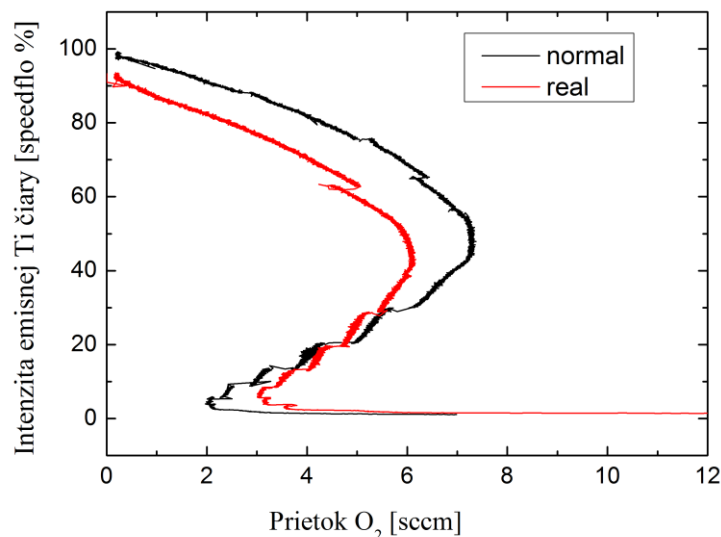
Modelovanie reaktívneho magnetrónového naprašovania

- Vychádza z Bergovho modelu, dobre popisuje hysterézne správanie



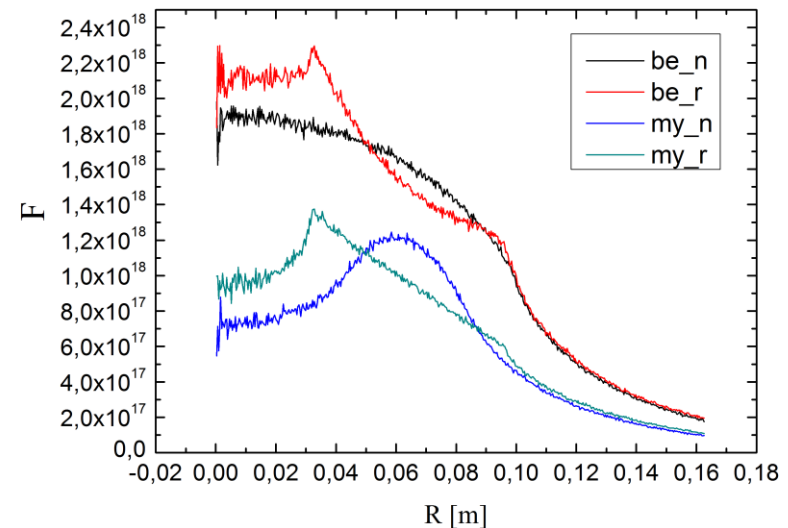
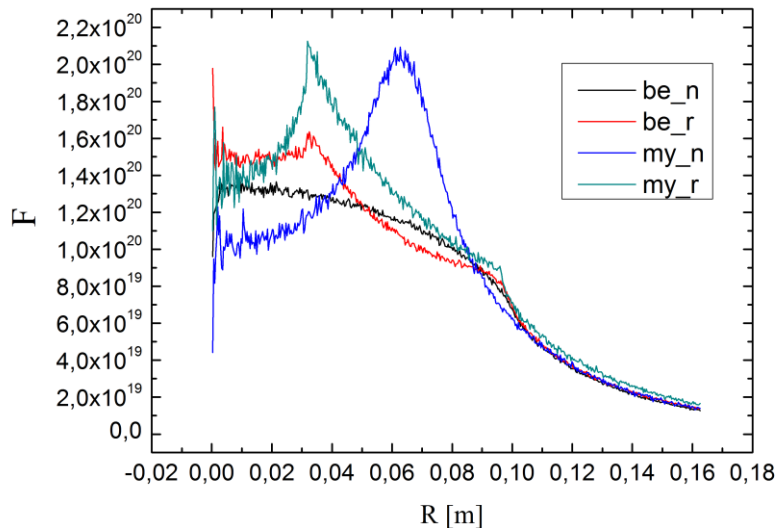
Závislosť zmeny hysteréznej krivky na opotrebení terča

- Predpokladá sa, že zmena prúdovej hustoty pri pôvodnej parametrizácii je konštantná, mení sa len veľkosť efektívnej plochy

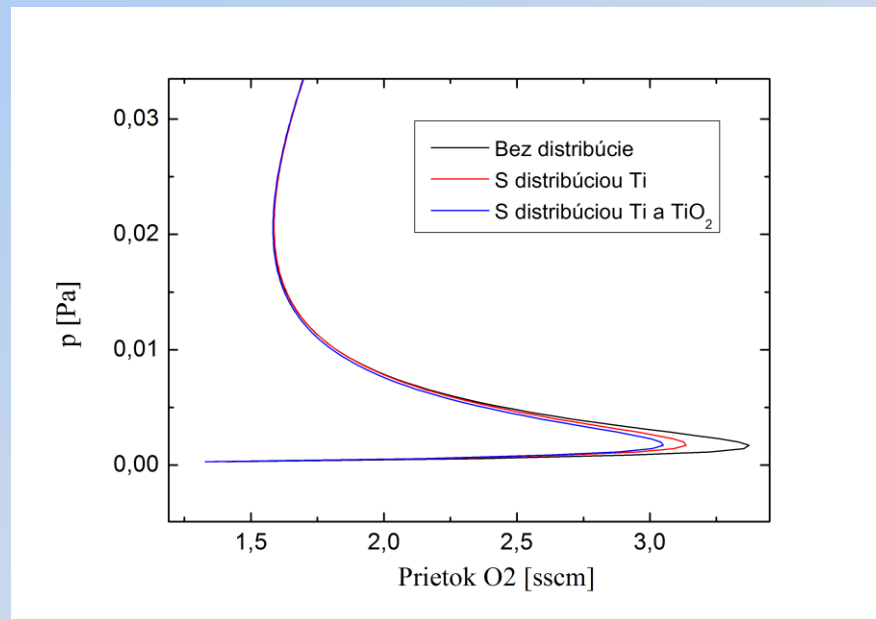


Simulácia toku Ti a TiO_2 na substrát pomocou metódy Monte Carlo

- Predpoklad terča ako kosínusového žiariča
- Predpoklad balistického transportu



Závislosť zmeny hysteréznej krivky pri uvážení distribúcie toku Ti a TiO_2 na substrát



Zhrnutie

- Je možné riadiť proces v hysteréznej oblasti
- Najefektívnejšie riadenie pomocou PDF+ algoritmu je pre parametre $A_t = 0$ a $K_2 = 0,0005$, ostatné nemajú pozorovateľný vplyv
- Ramp mód je vhodným nastavením na určenie hysteréznej oblasti
- Simulácia zmeny hysteréznej krivky na opotrebení terča má menší vplyv ako ukázal experiment
- Pre väčšiu stabilitu a uniformnosť vrstvy je vhodné vkladať substrát blízko osi súmernosti.
- Uváženie distribúcie toku Ti a TiO_2 na substrát má za následok posunutie preskoku do otráveného režimu pri nižšom prietoku reaktívneho plynu

Ďakujem za pozornosť

Peter Klein