

SONDY

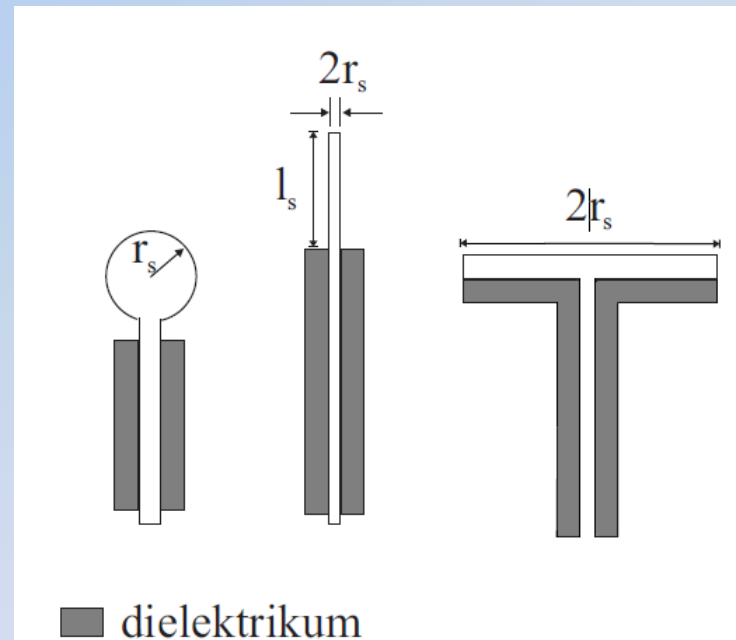
Peter Klein

Obsah

- Elektrostatická sonda
- Voltampérova charakteristika jednoduchej sondy
- Použitie VAC
- Režim sondy
- Výhody a nevýhody sondového merania
- Zaujímavé druhy sond

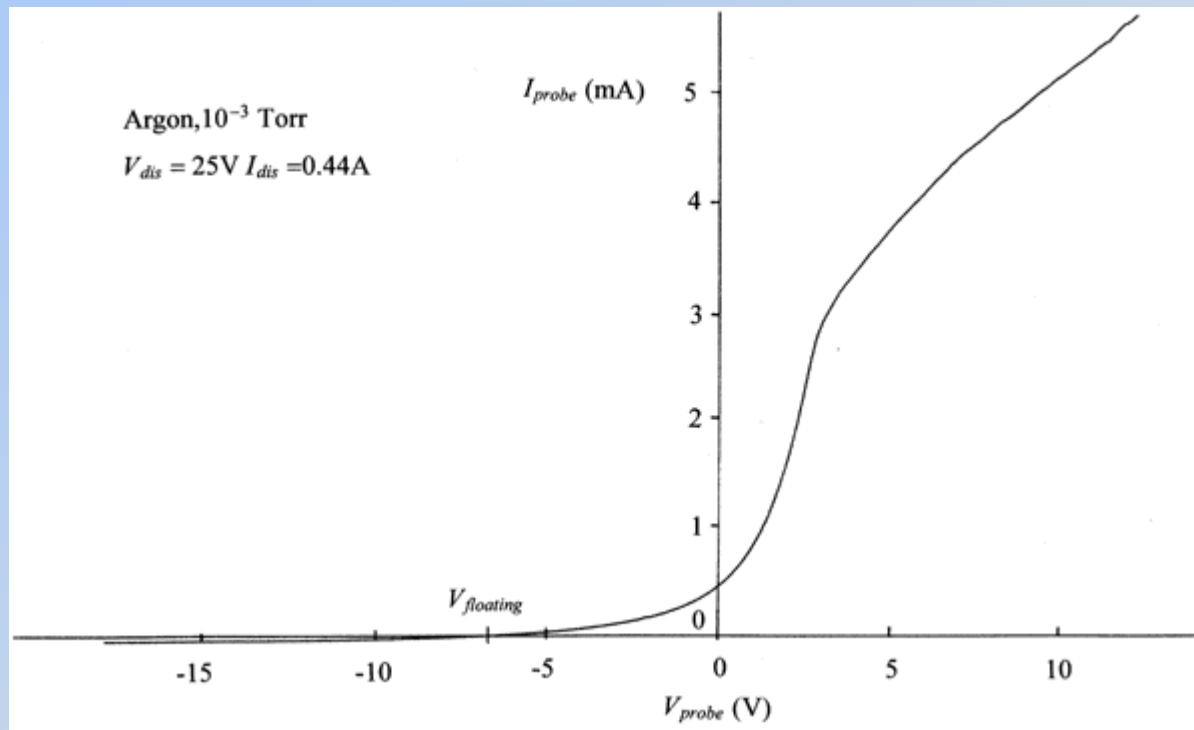
Elektrostatická sonda

- Je to vodič malých rozmerov ponorený do študovanej plazmy
- Používajú sa rôzne tvary:
 - a) Gul'ová
 - b) Valcová
 - c) Rovinná
- Dva základné druhy
 - a) Jednoduchá
 - b) Dvojná



Voltampérová charakteristika jednoduchej sondy

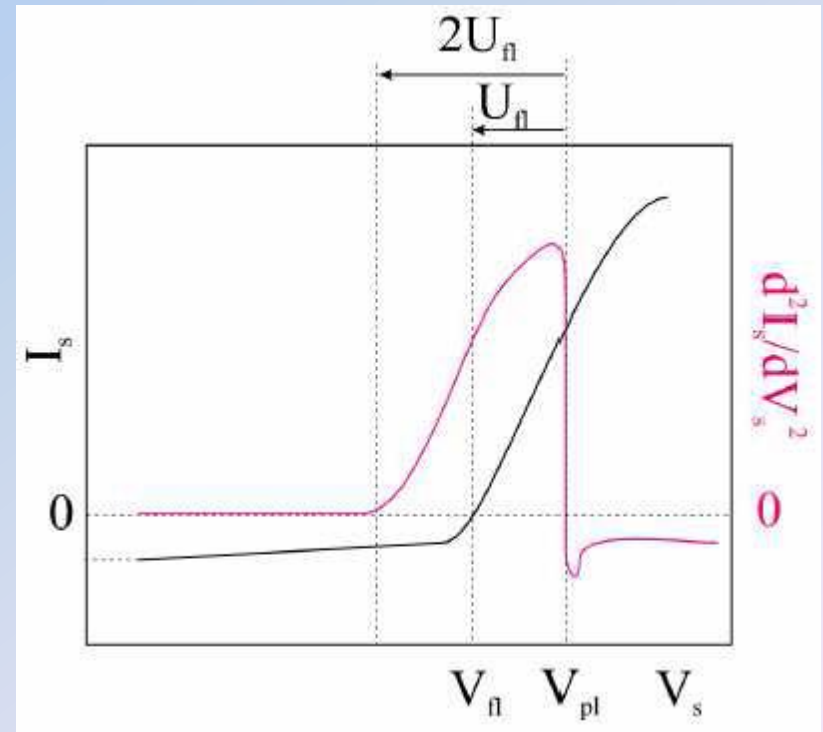
- Získame ju ako závislosť prúdu prechádzajúceho sondou I_s na zmene napätia na sonde V_s



Voltampérová charakteristika jednoduchej sondy

Význačné body na VAC

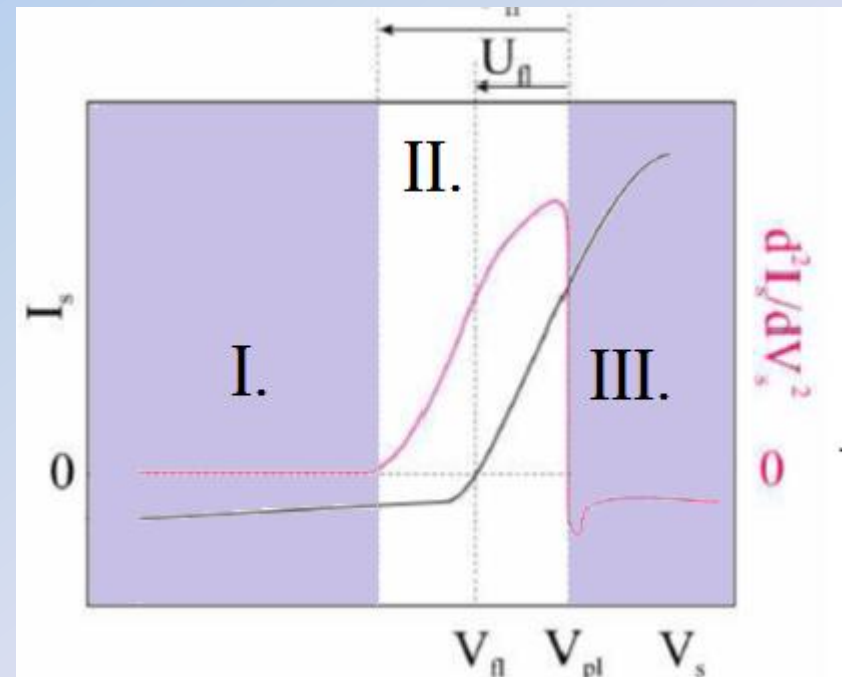
- V_{fl} –Plávajúci potenciál
 - vyrovnaný iónový a elektrónový prúd
- V_{pl} –Plazmový potenciál
 - potenciál neporušenej plazmy, získame ho z druhej derivácie VAC v jej nulovom bode



Voltampérová charakteristika jednoduchej sondy

Význačné oblasti VAC

- I. Oblasť urýchľovania kladných iónov
- II. Prechodová oblasť kedy sú elektróny odpudzované od sondy a ich výskyt je daný Boltzmannovým rozdelením
- III. Oblasť urýchľovania elektrónov, prípadne záporných iónov

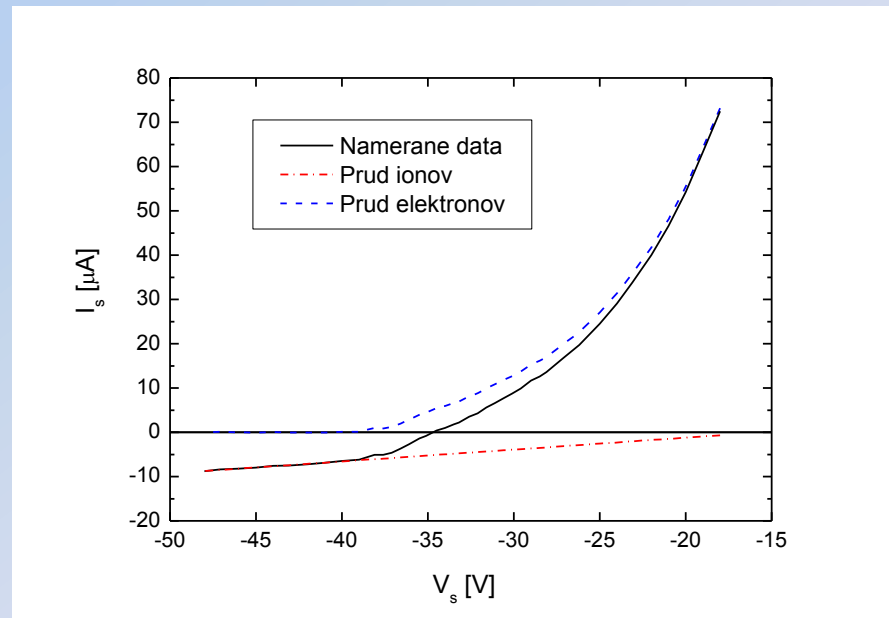


Voltampérová charakteristika - použitie

- Pre zistenie charakteristík týkajúcich sa elektrónov (Energiové rozdelenie, stredná energia a teplota) je nutné najprv odčítať od VAC prúd spôsobený iónmi
- Bud' lineárnym fitom saturovaného iónového prúdu,
- alebo podľa vzorca

$$I_i = \frac{S}{9\pi} \sqrt{\frac{2e}{M_i}} \frac{V^{3/2}}{d^2}$$

kde $V = V_s - V_{pl}$, d je šírka vrstvy obopínajúca sondu



Voltampérová charakteristika - použitie

- Po odčítaní iónového prúdu je možné určiť elektrónovú energiovú distribučnú funkciu pomocou vzorca

$$f_e(e|U|) = \frac{-2\sqrt{2m|U|}}{e^{5/2}S} \frac{d^2 I_{se}}{dU^2}$$

- Koncentráciu elektrónov získame integráciou EEDF
- Teplotu elektrónov dostaneme zo vzťahu

$$T_e = \frac{e}{k} \frac{d}{dU_s^2} \ln(I_{se})$$

Režimy práce sondy

1. $\lambda_v \gg r_s \gg \lambda_D$ – vytvorenie tenkej stenovej vrstvy, v ktorej je možné zanedbať zrážky. Popisuje ho model tzv. „Space charge limited current“
2. $\lambda_v \gg \lambda_D \gg r_s$ - vytvorenie silnej stenovej vrstvy náboja obklopujúcej sondu, v ktorej je možné zanedbať zrážky. Tento režim popisuje model tzv. „Orbital motion limited current“
3. $\lambda_D \gg \lambda_v \gg r_s$ – pri popise prúdu na sondu je nutné uvažovať vplyv zrážok
4. $r_s \gg \lambda_v$ sonda je oveľa väčšia ako voľná dráha nabitých častíc, dochádza k častým zrážkam. Popisuje to tzv. „Contium probe model“

Výhody

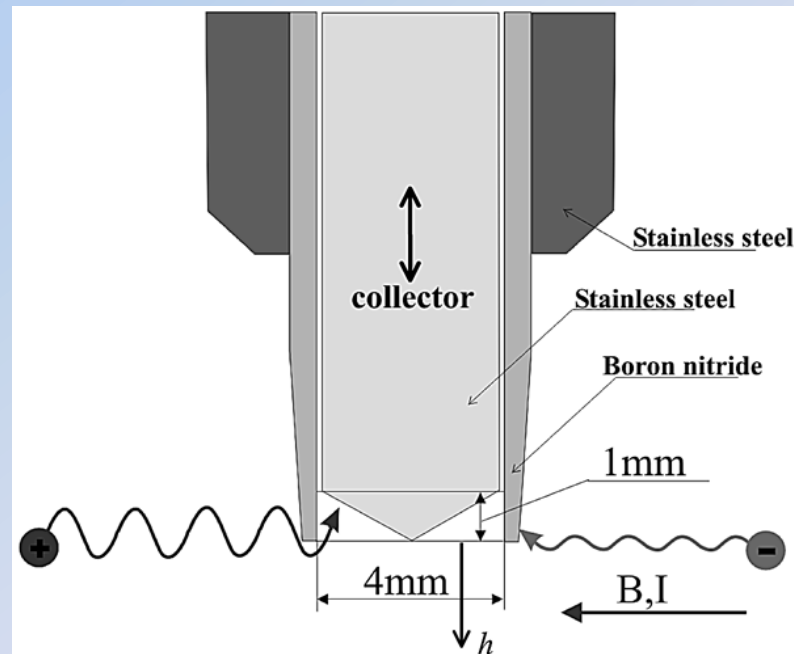
- Jednoduchosť experimentálneho usporiadania
- Z voltampérovej charakteristiky je možné určiť viacero lokálnych veličín
- Relatívne jednoducho je možné merať priestorové ako aj časové rozdelenie týchto veličín (obmedzené však Debyeovou dĺžkou)

Nevýhody

- Prítomnosť sondy ovplyvňuje plazmu, porušuje kvazineutralitu a môžu sa vytvárať sa nehomogenity
- Akákoľvek porucha pri meraní VAC narastie pri druhej derivácii – preto je nutné vyhladenie
- Ťažké častice môžu vytvárať dielektrickú vrstvu, čo môže viesť k úplnej nepoužitelnosti dát
- Použiteľná len pri nízкотепелnej plazme, prípadne pri okrajoch vysokотеплотnej plazmy
- Zložitejšie použitie pre oscilujúce systémy

Zaujímavé druhy sond

- Používajú rôzne triky na to, aby ihneď merali plazmový potenciál
- Laser heated emissive probe
- Emissive wire probe
- Katsumata probe



Ďakujem za pozornosť

Peter Klein