

Diagnostika plazme z ball-pen sondo

...

Lino Šalamon

Najenostavnejša in najbolj razširjena sonda za diagnostiko nizekotemperaturne rahlo magnetizirane plazme je Langmuirjeva sonda. Gre za prevodni kolektor različnih oblik, ki ga vstavimo v plazmo ter na njem merimo zbran tok pri različnih napetostih kolektorja. Najbolj razširjen je prevodnik cilindrične oblike, torej navadna prevodna žica. Iz tokovno-napetostne (I-U) karakteristike te sonde lahko določimo nekatere parametre plazme, kot so gostota plazme, temperatura elektronov ter lebdeči in plazemski potencial plazme. Plazemski potencial lahko ob predpostavki Maxwelllove elektronske hitrostne porazdelitve določimo s pomočjo lebdečega potenciala ϕ_f in temperature elektronov T_e . Sonda doseže lebdeči potencial, ko jo vstavimo v plazmo in nanjo ni priključena nobena zunanja napetost. Tako kot T_e , lahko tudi ϕ_f določimo iz tokovno-napetostne karakteristike. Povezava med ϕ_p in ϕ_f pa je dana z enačbo

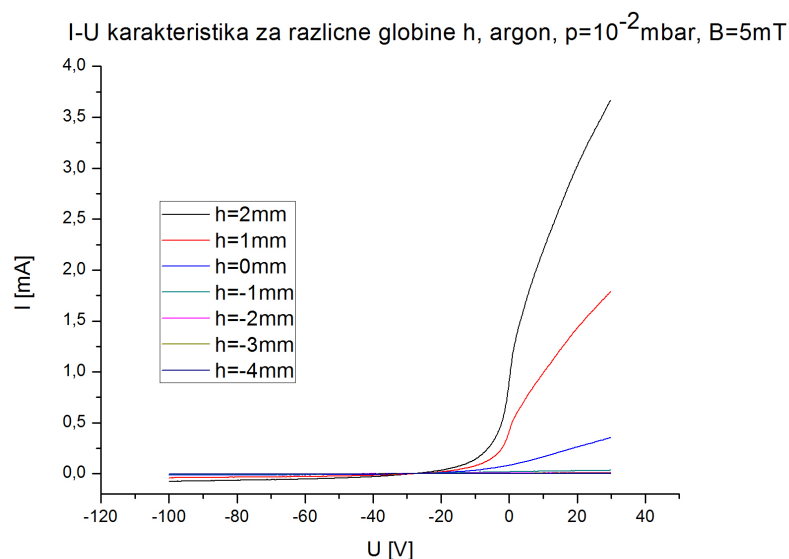
$$\phi_p = \phi_f - \left(\frac{k_B T_e}{e_0} \right) \ln R, \quad (12.1)$$

kjer $R = \frac{I_{\text{sat}}^-}{I_{\text{sat}}^+}$ predstavlja razmerje med nasičenim elektronskim in ionskim tokom. V magnetizirani plazmi je interpretacija izmerjenih količin težja zaradi neizotropne porazdelitve ionov in elektronov po površini sonde. Nova metoda, s katero lahko direktno merimo plazemski potencial, pa poteka z uporabo t. i. ball-pen sonde. Ideja te sonde je zmanjšati I_{sat}^- do te mere, da je enak I_{sat}^+ in je $R = 1$. To pomeni, da je plazemski potencial kar enak lebdečemu ($\phi_p = \phi_f$), torej ϕ_p lahko merimo direktno. Sonda je v osnovi zgrajena iz premičnega kovinskega kolektorja obdanega z izolacijsko keramično cevjo in je vstavljena v plazmo pravokotno na smer silnic magnetnega polja. Ko je kolektor izvlečen iz keramične cevi, sonda deluje kot klasična Langmuirjeva sonda, ko pa ga vlečemo nazaj v ohišje, se zaradi manjšega larmorjevega radija elektronov od ionov v magnetnem polju manjša predvsem I_{sat}^- v primerjavi z I_{sat}^+ , dokler se na neki globini tokova ne izenačita.

Potencialna uporabna vrednost te sonde v prihodnosti je v direktnih meritvah plazemskega potenciala v robni turbulentni plazmi tokamaka, kar igra ključno vlogo pri zadrževanju plazme v tokamakih in s tem na njihovo učinkovito delovanje.

Ball-pen sondo sem izdelal v laboratoriju za plazmo na Institutu »Jožefa Stefana« v okviru magistrske naloge, z njo pa se izvajajo meritve na linearni magnetni napravi z nizekotemperaturno in rahlo magnetizirano plazmo. Preučujemo parametre plazme, kot so gostota plazme, temperatura elektronov, lebdeči potencial in plazemski potencial pri različnih plinih, tlakih, magnetnih poljih in radialnih pozicijah sonde v osnovni plazmi ter v anodni plazmi, ki jo ustvarimo v osnovni plazmi z dodatno elektrodo s pozitivno napetostjo.

Slika 12.1 prikazuje tokovno-napetostne karakteristike za različne položaje kolektorja ball-pen sonde. Za $h > 0$ je konica kolektorja izvlečena iz keramičnega ohišja, za $h < 0$ pa



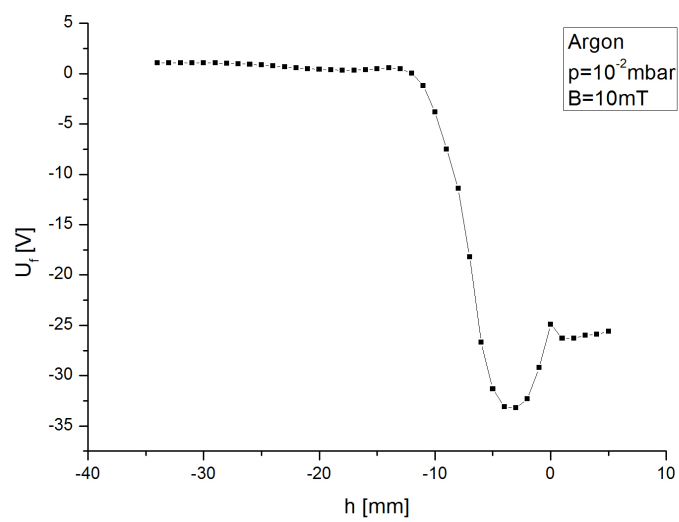
Slika 12.1: Tokovno-napetostne karakteristike za različne položaje kolektorja glede na keramično ohišje sonde.

je celoten kolektor znotraj le tega. Vidimo, da se z večanjem globine vstavitve manjša predvsem nasičeni elektronski tok. Na sliki 12.2 pa je prikazana odvisnost lebdečega potenciala od globine vstavitve h . Iz grafa se vidi, da se vrednost ϕ_f na neki globini saturira. V tej točki se plazemski potencial približa vrednosti plazemskega potenciala pri danih pogojih.

...

Literatura

- Adámek, J., Peterka, M., Gyergyek, T., Kudrna, P. & Tichý, M. (2012). Diagnostics of magnetized low temperature plasma by ball-pen probe. *NUKLEONIKA*, 57(2), 297–300.
- Bousselin, G., Cavalier, J., Pautex, J. F., Heuraux, S., Lemoine, N. & Bonhomme, G. (2013). Design and validation of the ball-pen probe for measurements in a low-temperature magnetized plasma. *Review of Scientific Instruments*, 84, 0135051–0135058. doi:<http://dx.doi.org/10.1063/1.4775491>



Slika 12.2: Lebdeči potencial sonde v odvisnosti od globine vstavitve sonde.