

Simulacija ionskega energijskega analizatorja

...

Gabrijela Ikoč

Koda XPDP1 (Verboncoeur, Alves, Vahedi & Birdsall, 1993) je namenjena simulaciji enodimenzionalnih plazemskih sistemov in uporablja metodo Particle In Cell (PIC). Tipično za to metodo je, da je območje razdeljeno v vzporedne celice in da so delci (10^4 do 10^8) združeni v super delce, kar ohranja razmerje mase in naboja, hkrati pa zmanjša zahtevnost simulacije. Super delci vplivajo drug na drugega prek elektromagnetnih polj, ki so izračunana v periodičnih točkah v prostoru. Za izračun položaja in hitrosti delcev se uporablja Newton-Lorentzova enačba in Leap-Frog metoda. Za simuliranje trkov nabitih delcev z nevtralnimi pa se uporablja Monte Carlo Collisional (MCC) model.

Ionski energijski analizator je sestavljen iz več vzporednih mrežic na različnih potencialih in se uporablja za določanje temperature oziroma porazdelitve ionov v plazmi. Z namenom simulacije takšnega ionskega energijskega analizatorja je bila razvita nova verzija kode, `xpdp1_rfa`, kjer sta v sistem dodani dve prevodni mrežici. V simulaciji odbojno mrežico nastavimo na lebdeči potencial in zaradi večje gibljivosti elektronov se mrežica nabije negativno:

$$\Phi = \frac{k_B}{T_e} e_0 \ln \left(\sqrt{\frac{2\pi m_e}{m_i}} \right) \quad (11.1)$$

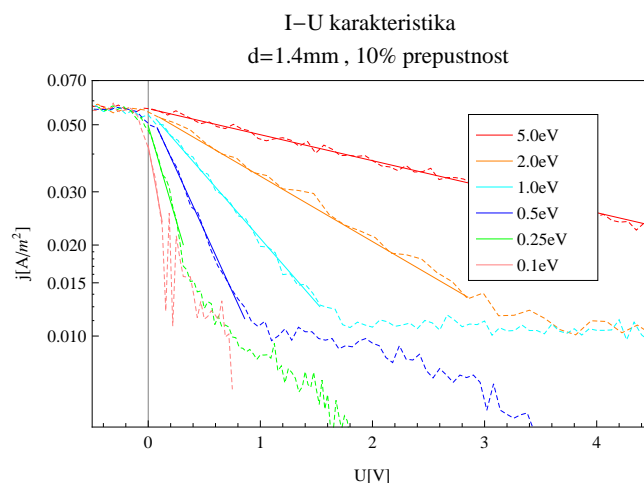
Na diskriminatorjski mrežici v diskretnih korakih spreminjamo potencial, na kolektorju pa nastavimo dovolj negativen potencial, da odbije vse prepuščene visokoenergijske elektrone. Tako lahko spremljamo tok na kolektorju v odvisnosti od napetosti na diskriminatorju, kjer je tok sorazmeren številu ionov z dovolj visoko energijo, da premagajo zaviralni potencial diskriminatorjske mrežice. Če je temperatura ionov porazdeljena po Maxwellovi porazdelitvi, se tok ionov v odvisnosti od potenciala na diskriminatorju zapiše kot:

$$I(U) = I_s \exp \left(-\frac{e_0 U}{k_B T_i} \right) \quad (11.2)$$

S simulacijami skušamo pojasniti rezultate eksperimentov, ter določiti vpliv analizatorja na plazmo, saj vsaka komponenta, namenjena diagnostiki plazme, nekoliko spremeni njene lastnosti. S pomočjo enačbe (11.1) in I-U karakteristike izračunamo temperaturo ionov ter jo primerjamo s temperaturo določeno v simulaciji. Vpliv sonde na plazmo se kaže v razliki med temperaturama.

Simulacije izvedemo z različnimi parametri sonde ter plazme. Izkaže se, da je najpomembnejši parameter razdalja med odbojno in diskriminatorjsko mrežico. Če je medmrežna razdalja prevelika, se med mrežicama ustvari potencial, ki je večji od potenciala na diskriminatorjski mrežici in vpliva na rezultate simulacij. Meja medmrežne razdalje je odvisna od prepustnosti mrežic, začetne temperature ionov ter drugih karakteristik sonde.

V nadaljevanju sledi analiza vpliva sekundarne emisije ter trkov nabitih delcev z nevtralnimi



Slika 11.1: I-U karakteristika za nekaj različnih začetnih temperatur ionov.

Tabela 11.1: Nastavljena temperatura ionov, temperatura ionov določena iz I-U karakteristike, razmerje med njima, ter območje v katerem velja enačba (11.1).

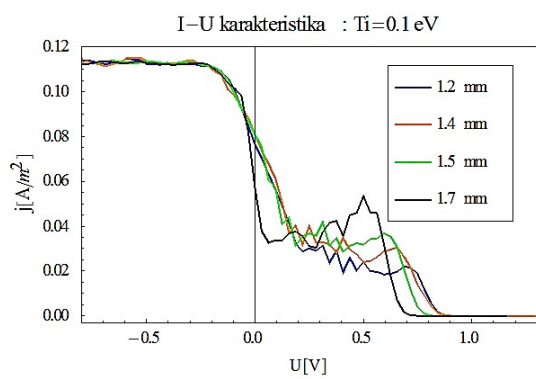
T_{i0} (eV)	T_i (eV)	$(T_i - T_{i0})/T_{i0}$	območje
0,10	0,216	1,160	0,00 V do 0,13 V
0,25	0,345	0,380	0,00 V do 0,31 V
0,50	0,537	0,074	0,08 V do 0,86 V
1,00	1,023	0,023	0,07 V do 1,53 V
2,00	2,058	0,029	0,10 V do 2,85 V
5,00	5,051	0,010	0,03 V do 7,73 V

delci v ozadju. Za primerjavo učinkovitosti različnih analizatorjev bo v sistem dodana še tretja mrežica.

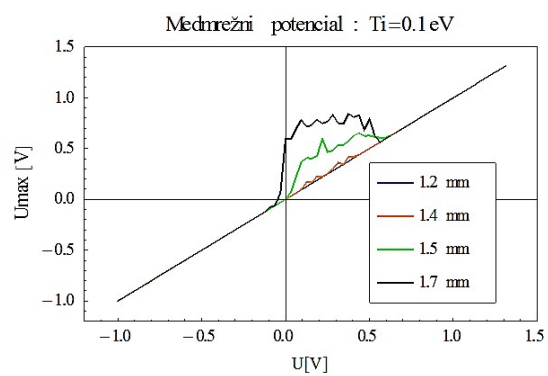
...

Literatura

- Gačnik, L., Kovačič, J. & Gyergyek, T. (2014). Ion energy analyzer particle simulation. V I. Jenčič (Ur.), *Proceedings of the International Conference Nuclear Energy for New Europe*, 8.–11. september 2014 (1107, str. 1107.1–1107.8). Ljubljana: Društvo jedrskih strokovnjakov Slovenije. eprint: http://www.nss.si/proc/nene2014/pdf/NENE2014_1107.pdf
- Verboncoeur, J. P. (2007). *Particle-in-Cell techniques*. Berkeley: Department of Nuclear Engineering, University of California.
- Verboncoeur, J. P., Alves, M., Vahedi, V. & Birdsall, C. (1993). Simultaneous potential and circuit solution for 1D bounded plasma particle simulation codes. *Journal of Computational Physics*, 104(2), 321–328. doi:<http://dx.doi.org/10.1006/jcph.1993.1034>



Slika 11.2: I-U karakteristika za različne razdalje med mrežicama.



Slika 11.3: Maksimalni potencial med mrežicama v odvisnosti od potenciala na diskriminatorju.