

---



---

## NASVETI

---



---

Dipl.ing. Silvo OSET iz Šentjurja, ki se ukvarja z konstruiranjem in izdelavo vakuumskih naprav, nas je vprašal za nasvet v zvezi z izbiro črpalk za vakuumsko sušenje lesa. Naprosili smo doc. dr. Željka Goriška iz Biotehnične fakultete, Odd. za lesarstvo iz Ljubljane, da je pripravil kratek sestavek o sušenju lesa v vakuumu, ki ga objavljamo v tej številki Vakuumista. Za vakuumiste bo gotovo zanimivo branje, saj do sedaj o tem nismo pisali. Ker se pri vakuumskem sušenju lesa uporabljajo črpalke s tekočinskim obročem, smo se pozanimali tudi pri proizvajalcu letih, v Litostroju, Tovarna črpalk, Ljubljana. G. Janez

Simčič nam je poslal dopis in prospekt za enostopenjske in dvostopenjske črpalke s tekočinskim (vodnim) obročem različnih kapacitet, ki dosegajo končni totalni tlak 213 mbar (enostop.) oz. 40 mbar (dvostop.) V dopisu nas obvešča, da imajo v načrtu preizkus črpalke z oljnim obročem z avtonomnim sistemom separatorja oljnih par in hladilniki olja. Nekaj podobnega bi torej potrebovali za izdelavo vakuumske črpalne naprave za sušenje lesa, kjer bi bile uporabljene "domače" črpalke.

Jože Gasperič

---

### Kako izmeriti parametre plazme?

Mnogi razvojni inženirji uporabljajo pri svojem delu različne plazemske tehnologije. Običajno plazemskih reaktorjev ne izdelajo sami, ampak jih kupijo pri različnih proizvajalcih vakuumske opreme. Takšni reaktorji so marsikje odlična oprema za točno določeno aplikacijo. Pogosto pa želimo tehnologijo plazemske obdelave nekoliko spremeniti. V teh primerih je ugodno, da vsaj približno vemo, kakšna je naša plazma. Z drugimi besedami, izmeriti moramo čimveč parametrov plazme. Stanje plazme popolnoma opišemo z več deset količinami, vendar nam včasih zadoščajo že njeni osnovni parametri, to so gostota nabitih delcev ali kratko gostota plazme ( $n$ ), temperatura elektronov ( $T_e$ ), Debyejeva dolžina ( $\lambda_D$ ) in potencialna razlika med plazmo na mestu sonde in referenčno elektrodo ali kratko potencial plazme ( $V_s$ ). Za merjenje parametrov obstajajo različni masno - energijski analizatorji, ki imajo dve skupni lastnosti, namreč, visoko ceno (od ~ 100 000 DEM naprej) in težavno tolmačenje rezultatov (senzor v večini primerov tako močno zmoti plazmo, da je naprava uporabna samo za analizo toka delcev na izbrano površino komore). Vendar pa obstajajo preproste in cenene sonde, s katerimi lahko v večini primerov vsaj približno določimo osnovne parametre. To so Langmuirjeve sonde.

Najpreprostejša Langmuirjeva sonda je drobna kovinska elektroda, ki jo potopimo v plazmo in priključimo na izvir enosmerne napetosti. Druga elektroda je kovinski del razelektrivene komore, ki jo plazma obliha. Če je plazma homogena, izotropna, dovolj gosta in dovolj močno ionizirana in če so dimenzije sonde pravilno izbrane, lahko iz karakteristike sonde (odvisnost toka od napetosti) izračunamo vse štiri osnovne parametre ( $n$ ,  $T_e$ ,  $V_s$  in  $\lambda_D$ ). Plazma ni nikdar popolnoma homogena, izotropna itd., zato v večini praktičnih primerov potrebujemo nekaj več znanja za pravilno tolmačenje karakteristike ali pa izberemo drugačno sondo (za pametno izbiro spet potrebujemo nekaj izkušenj).

Preproste Langmuirjeve sonde delimo na enojne, dvojne, emisijske in katalitične. V nadaljnjem besedilu na kratko predstavljamo vse štiri tipe sond.

- Enojna sonda je opisana zgoraj. Z njo lahko dokaj natančno izmerimo  $n$ ,  $T_e$ ,  $V_s$  in  $\lambda_D$ . Daje tudi podatek o energijski porazdelitvi elektronov v plazmi. Postane neuporabna v nestabilnih plazmah. Je zelo občutljiva za RF motnje.
- Dvojna sonda je sestavljena iz dveh enako velikih drobnih elektrod, katerih dimenzija naj bo vsaj  $10 \lambda_D$ , razdalja med elektrodama pa vsaj  $100 \lambda_D$ . Z njo izmerimo  $n$ ,  $T_e$  in  $\lambda_D$ . Nepogrešljiva je v steklenih sistemih, kjer ni na voljo referenčne elektrode ali pa je le ta majhna. Je razmeroma neobčutljiva za RF motnje. Uporabna je tudi v dokaj nestabilnih plazmah. Parametre plazme pravilno določimo samo v primeru, ko je energijska porazdelitev elektronov vsaj približno maxwellska.
- Emisijska sonda je pravzaprav majhna katoda, iz katere izparevajo elektroni (običajno žička iz toriranega volframa). Z njo v vsakem primeru dokaj natančno izmerimo  $V_s$ .
- Katalitična sonda je drobna kovinska elektroda, ki je priključena na zelo tanki žici termočlena. Deluje kot enojna sonda, le da so rezultati meritev nekoliko manj natančni. Poleg  $n$ ,  $T_e$ ,  $V_s$  in  $\lambda_D$  meri tudi stopnjo disociiranosti molekul v nekaterih vrstah plazme.

Vse štiri tipe sond so uporabili v različnih oblikah za karakterizacijo najrazličnejših plazem. Literatura s področja Langmuirjevih sond je izredno obsežna. Večina člankov, ki so bili objavljeni v strokovnih revijah do začetka petdesetih let, napačno tolmači rezultate meritev karakteristik. Klasičen učbenik s tega področja je knjiga *J. D. Swift and M. J. R. Schwar, Electrical Probes for Plasma Diagnostics, Iliffe Books Ltd., London (1969)*. **Podrobnejša navodila za izdelavo in uporabo različnih vrst sond bomo pripravili za objavo v prihodnjih številkah Vakuumista.**

**Miran Mozetič in Miha Kveder,  
Inštitut za elektroniko in vakuumsko tehniko,  
Teslova 30, 61111 Ljubljana**