

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2019-286

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G01N 27/62 (2006.01)
H01J 37/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **09.05.2019**

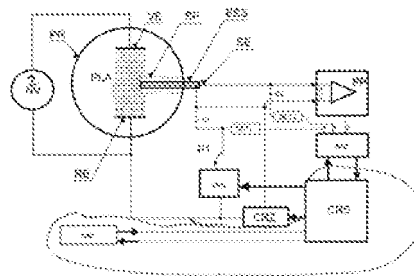
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **11.03.2020**
(Věstník č. 11/2020)

(71) Přihlašovatel:
Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, CZ

(72) Původce:
doc. Paeddr. Petr Adámek, Ph.D., České
Budějovice, České Budějovice 5, CZ
Mgr. Zdeněk Hubička, Ph.D., Praha 5, Hlubočepy,
CZ
prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc., Olomouc,
CZ
Mgr. Martin Čada, Ph.D., Praha 9, Kyje, CZ
RNDr. Lubomír Jastrabík, CSc., Praha 3, CZ

(74) Zástupce:
Ing. Petr Soukup, tř. Svobody 43/39, 779 00
Olomouc

signálů přicházejících z elektronky separující sondy
a ze sběrné elektrody.



(54) Název přihlášky vynálezu:
**Způsob měření iontové hmotnostní
rozdělovací funkce v nízkoteplotním
plazmatu a zařízení pro provádění tohoto
způsobu**

(57) Anotace:
Způsob měření iontové hmotnostní rozdělovací
funkce v nízkoteplotním plazmatu aplikovaném v
plazmochemickém reaktoru, v němž je umístěn
měřený plazmatický objekt, který je vybaven
zdrojem napájení výboje napojeným na výbojovou
elektrodu a referenční elektrodu, ve kterém je
zabudována elektronka separující sonda vybavená
sběrnou elektrodou a který je propojen na řídicí
počítač. Podstatou vynálezu je, že po primárním
nastavení parametrů měřicího systému se jednak
postupně nastavuje referenční napětí na elektrony
separující sondy a její sběrné elektrodě a měří se
proud procházející přes referenční elektrodu,
plazmatickým objektem a sběrnou elektrodou a
jednak jsou pomocí referenčního detektoru a
snímacího detektoru průběžně vyhodnocovány
amplitudy digitalizovaných vysokofrekvenčních

Způsob měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu a zařízení pro provádění tohoto způsobu

5 Oblast techniky

Vynález spadá do oblasti výzkumu plazmatu a plazmových technologií, a to konkrétně sondové diagnostiky plazmatu, a týká se způsobu měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu a zařízení pro provádění tohoto způsobu.

10

Dosavadní stav techniky

Pro určení iontové distribuční funkce se v současnosti používají hmotnostní a energetické spektrometry (analyzátoři) [http://www.hiden.co.uk/index.php/en/product -catalog/51-plasma-characterisation/82-eqp-mass-and-energy-analyser-for-plasma-diagnostics, 9.11.2011] nebo speciální měřicí systémy k tomu určené, například Semion™ [http://www.impedans.com/semion.html, 9.11.2011]. Ve spektrometrech je využíváno dle použitého principu působení Lorentzovy síly na pohybující se nabitě částice, a to elektrické složky nebo současně magnetické a elektrické složky. Speciální měřicí systémy jako Semion™ využívají pro separaci elektronů vhodně rozloženého elektrického pole, které je tvarováno a polarizováno pomocí kombinace několika speciálních mřížek. Princip využití magnetického pole k separaci elektronů při sondové diagnostice vysokoteplotního plazmatu popsal a aplikoval Katsumata [KATSUMATA, I., OKAZAKI, M. Ion Sensitive Probe - A New Diagnostic Method for Plasma in Magnetic Fields. Japanese journal of applied physics, Vol. 6, (1967), pp. 123]. Silné magnetické pole se z principu nacházelo ve zkoumaném výboji a působilo tak, že zabráňovalo dopadu elektronů na sběrnou elektrodu, sondu, na jejíž osu bylo orientované radiálně. Podobná konfigurace sondy včetně tvaru sondy se používá v silných magnetických polích dle [OHTSU, Y., WAKITA, N. A simple hollow probe for monitoring ion-beam energy in processing plasmas. IOP Meas. Sci. Technol. 21 (2010) 125405] k měření v iontových svazcích a taktéž k měření potenciálu horkého plazmatu [BÖHM, G., KAMPMANN, B., SCHLÜTER, H. Measurements with an Ionsensitive Probe in Stationary RF-Discharges of Stellarator Configuration. Physics Letters, 5,6, Vol. 70A, (1979), pp. 413-415., ADÁMEK, J., STÖCKEL, J., HRON, M., RYSZAWY, J. A novel approach to direct measurement of the plasma potential. Czechoslovak Journal of Physics, Supp. C, Vol. 54 (2004), pp. 95-99] v termojaderných reaktorech. Přehled používaných sond pro měření iontové distribuční funkce a teorie se nachází v [KATSUMATA, I. A Review of Ion Sensitive Probes. Contrib. Plasma Phys. 36 (1996), pp.73-80] a přehled sond pro diagnostiku plazmatu je dostupný v [DEMIDOV, V. I., Ratynskaia, S. V., RYPDAL, K. Electric probes for plasmas: The link between theory and instrument. Rev. Sci. Instrum. 10, Vol. 73, (2002) pp. 3409 - 3439].

Sonda separující elektrony v principiálním spojení s upraveným měřicím zařízením pro sondovou diagnostiku plazmatu pomocí Langmuirovy sondy, popsaná a aplikovaná Langmuirem a mnohými dalšími zdokonalená [LANGMUIR I., MOTTSMITH H. M., Gen., Elec. Rev. 26 (1923) p. 731], [BOULOS M, FAUCHAIS P, EFENDER E., Diagnostic techniques in thermal plasma processing, in DOE report, no. DOE/ER-0270, 1 - 2 (1986), HIPPLER R, PFAU S., SCHMIDT M, SCHOENBACH K. Low Temperature plazma Physics - Fundamental Aspects and Applications. Berlin: Wiley - VCH Verlag, 2001.], tvoří měřicí systém pro měření iontové distribuční funkce. Běžná zařízení pro sondovou diagnostiku plazmatu jsou komerční [Hiden Analytical http://www.hiden.co.uk/index.php/en/product-catalog/51-plasma-characterisation/80-hiden-espion-advanced-langmuir-probe-for-plasma- diagnostics, 9. 11. 2011] nebo [Impedans http://www.impedans.com/langmuir- probe.html, 9. 11. 2011]. Tato zařízení je též možno výrobcem upravit pro aplikaci se speciální sondou separující elektrony pro měření iontové distribuční funkce. Způsob měření iontové distribuční funkce v nízkoteplotním plazmatu, měřicí systém pro provádění tohoto způsobu a sonda pro měřicí systém jsou popsány například ve spise

- CZ 304493 B6. V uvedeném spise popsáným způsobem a daným měřicím systémem je pomocí magnetického pole vznikajícího v komůrce sondy vybavené alespoň dvěma magnety možno provádět jak kontinuální, tak také časově rozlišená měření ve všech druzích napájení výboje, na základě čehož je možno stanovit iontovou distribuční funkci. Dané řešení bylo aplikováno nejen pro sondu magnetickém poli separující elektrony, viz [Čada, M.; Hubička, Z.; ADÁMEK, P.; et al. A modified Katsumata probe-ion sensitive probe for measurement in non- magnetized plasmas. REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS Volume 86 Issue 7 (2015)]. Nevýhodou tohoto systému je, že neposkytuje informace o hmotnosti sledovaných iontů v plazmatu.
- Snahou předkládaného vynálezu je představit nové měřicí zařízení, pomocí něhož je možno novým způsobem získat z plazmové frekvence iontů, a to bez přítomnosti silného magnetického pole, data pro výpočet hmotnosti přítomných iontů v plazmatu.

15 Podstata vynálezu

Stanovení cíle je dosaženo vynálezem, kterým je způsob měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu aplikovaném v plazmochemickém reaktoru, v němž je umístěn měřený plazmatický objekt, který je vybaven zdrojem napájení výboje napojeným na výbojovou elektrodu a referenční elektrodu, ve kterém je zabudována elektrony separující sonda vybavená sběrnou elektrodou a který je propojen na řídicí počítač. Podstatou vynálezu je, že po primárním nastavení parametrů měřicího systému se jednak postupně nastavuje referenční napětí na elektrony separující sondě a její sběrné elektrodě a měří se proud procházející přes referenční elektrodu, plazmatickým objektem a sběrnou elektrodou a jednak jsou pomocí referenčního detektoru a snímacího detektoru průběžně vyhodnocovány amplitudy digitalizovaných vysokofrekvenčních signálů přicházejících z elektrony separující sondy a ze sběrné elektrody.

Také je podstatou vynálezu zařízení pro měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu aplikované na plazmochemickém reaktoru, ve kterém je umístěn měřený plazmatický objekt, který je vybaven zdrojem napájení výboje napojeným na výbojovou elektrodu a referenční elektrodu, a do kterého je zavedena elektrony separující sonda vybavená sběrnou elektrodou opatřenou stínícím pláštěm, přičemž vlastní měřicí obvod zařízení sestává z číslicového řídicího systému, který je napojen na řídicí počítač, jednak je přes v sérii zapojené tříkanálový blok analogově digitálních převodníků napětí a proudový převodník propojen se sběrnou elektrodou elektrony separující sondy a jednak jsou k němu paralelně připojeny zdroj referenčního napětí a počítačem laděný generátor vysokofrekvenčního signálu, kde zdroj referenčního napětí je dále přímo napojen na referenční elektrodu zdroje napájecího výboje. V zařízení jsou výstupy zdroje referenčního napětí propojeny se vstupy generátoru vysokofrekvenčního signálu, proudového převodníku a s elektrony separující sondou, přičemž jednak tříkanálový blok analogově digitálních převodníků je svým prvním vstupem propojen přes referenční detektor a referenční oddělovací kondenzátor s elektrony separující sondou a svým druhým vstupem přes snímací detektor a vazební oddělovací kondenzátor mezi proudový převodník a sběrnou elektrodu a jednak je generátor vysokofrekvenčního signálu přes přepínač napojen mezi referenční detektor a referenční oddělovací kondenzátor.

Vynálezem se dosahuje nového a vyššího účinku v tom, že zařízení umožňuje využitím připojeného laditelného vysokofrekvenčního generátoru stanovení iontové hmotnosti z iontové plazmové frekvence, při výskytu dvou nebo více plazmových frekvencí iontů umožňuje stanovení iontové plazmové frekvence konkrétního typu iontů a poměrnou koncentraci z amplitudy každého absorpčního piku, a to při využití speciální sondy, která separuje elektrony, respektive elektronovou složku proudu, z měřené voltampérové charakteristiky plazmatu. Další výhodou je, že zařízení je připojitelné pouze s poměrně malými úpravami ke známému měřicímu systému pro sondovou diagnostiku plazmatu popsánému ve spise CZ 23703 U1.

Objasnění výkresů

5 Konkrétní příklad provedení měřicího zařízení podle vynálezu je schematicky znázorněn na
připojeném výkrese představujícím celkové základní zjednodušené schéma zařízení.

Výkres, který znázorňuje zařízení podle vynálezu, a následně popsany příklad konkrétního
provedení způsobu a měřicího systému, v žádném případě neomezuji rozsah ochrany uvedený v
definici, ale jen objasňují podstatu vynálezu.

10

Příklady uskutečnění vynálezu

15 Zařízení pro měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu je
aplikováno na plazmochemickém reaktoru PR, ve kterém je umístěn měřený plazmatický objekt
PLA, který je vybaven zdrojem NV napájení výboje napojeným na výbojovou elektrodu VE a
referenční elektrodu RE, a do kterého je zavedena elektrony separující sonda ESS vybavená
sběrnou elektrodou SE opatřenou stínícím pláštěm SP.

20 Vlastní měřicí obvod zařízení sestává z číslicového řídicího systému CRS, který je napojen na
řídicí počítač CPC, jednak je přes v sérii zapojené tříkanálový blok BAD analogově digitálních
převodníků napětí a proudový převodník PP propojen se sběrnou elektrodou SE elektrony
separující sondy ESS a jednak jsou k němu paralelně připojeny zdroj CRZ referenčního napětí a
25 počítačem laděný generátor CRG vysokofrekvenčního signálu. Zdroj CRZ referenčního napětí je
dále přímo napojen na referenční elektrodu RE zdroje NV napájecího výboje a jeho výstupy jsou
také propojeny se vstupy generátoru CRG vysokofrekvenčního signálu, proudového převodníku
PP a s elektrony separující sondou ESS. Tříkanálový blok BAD analogově digitálních
převodníků je pak svým prvním vstupem 1 propojen přes referenční detektor DET1 a referenční
oddělovací kondenzátor C1 s elektrony separující sondou ESS a svým druhým vstupem 2 přes
30 snímací detektor DET2 a vazební oddělovací kondenzátor C2 mezi proudový převodník PP a
sběrnou elektrodu SE. Konečně je pak generátor CRG vysokofrekvenčního signálu přes přepínač
P1 napojen mezi referenční detektor DET1 a referenční oddělovací kondenzátor C1.

35 Před zahájením měření je nejprve provedeno primární nastavení měřicího systému. Při měření
řídicí počítač CPC postupně nastavuje prostřednictvím číslicového řídicího systému CRS na
číslicově řízeném zdroji CRZ referenční napětí na elektrony separující sondě ESS a její sběrné
elektrodě SE, proud procházející mezi zdrojem CRZ referenčního napětí přes referenční
elektrodu RE, plazmatickým objektem PLA a sběrnou elektrodou SE. Separovaná složka
elektronového proudu z elektrony separující sondy ESS je před proudovým převodníkem PP
40 oddělena a odvedena zpět do zdroje CRZ referenčního napětí. Proud procházející sběrnou
elektrodou SE, který je po separaci elektronů tvořen pouze přicházejícími těžkými nabitými
částicemi, tedy ionty, je snímán proudovým převodníkem PP a následně je třetím vstupem 3
zaveden do bloku BAD analogově digitálních převodníků, kde je jedním z A/D převodníků
digitalizován a takto získané hodnoty jsou ukládány do paměti řídicího počítače CPC. Do paměti
45 řídicího počítače CPC jsou rovněž ukládány hodnoty referenčního napětí nastavované na zdroji
CRZ referenčního napětí a ze závislosti proudu sběrné elektrody SE na nastavovaném napětí
číslicově řízeného zdroje CRZ je pak prostou dvojnásobnou diferenciací proudu dle difference
napětí stanovena iontová rychlostní energetická distribuční funkce.

50 Pro určení hmotnosti zkoumaných iontů v plazmatickém objektu PLA jsou přepínačem P1
připojeny přes oddělovací kondenzátory C1, C2 obě elektrody, jak elektrony separující sonda
ESS tak sběrná elektroda SE na řídicím počítačem CPC laděný generátor CRG
vysokofrekvenčního signálu. Pak je signál z referenčního detektoru DET1, který je připojený na
elektrony separující sondu ESS, zaveden prvním vstupem 1 do odpovídajícího A/D převodníku
55 bloku BAD analogově digitálních převodníků, kde je digitalizován a slouží ke kontrole amplitudy

vysílaného signálu. Současně je vysokofrekvenční signál ze sběrné elektrody SE druhým vstupem 2 zaváděn do bloku BAD analogově digitálních převodníků, kde je rovněž digitalizován. Oba signály digitalizované v bloku BAD analogově digitálních převodníků jsou vyhodnocovány porovnáním jejich amplitud. Amplituda signálu na sběrné elektrodě SE je ovlivněna poklesem amplitudy signálu na snímacím detektoru DET2. Hodnota iontové plazmové frekvence ω_{im} je dána vztahem

$$\omega_{im} = \sqrt{\frac{n_i \cdot e^2}{\varepsilon \cdot m_i}}$$

- v němž n_i je hodnota koncentrace iontů, m_i udává hmotnost iontů, e je hodnota elementárního náboje iontů a ε je hodnota permitivity prostředí plazmatu. Z poklesu amplitudy signálu na snímacím detektoru DET2 lze usoudit na absorpci vysokofrekvenční energie konkrétními ionty dané hmotnosti a z poměrů velikosti absorpčního minima lze i vypočítat jejich zastoupení v plazmatu, respektive jejich poměrnou koncentraci ve výboji v plazmatu. Tohoto jevu lze dosáhnout aplikací říditelného laditelného generátoru CRG vysokofrekvenčního signálu a monitorováním signálu ze snímacího detektoru DET2. Pokles signálu na snímacím detektoru DET2 se projeví absorpčním píkem v závislosti na generované frekvenci nebo několika absorpčními píky při přítomnosti více druhů iontů ve zkoumaném plazmatu. Referenční detektor DET1 slouží pro kontrolu vstupní amplitudy vysokofrekvenčního signálu i pro kontrolu správné funkce generátoru CRG vysokofrekvenčního signálu.

Průmyslová využitelnost

- Způsob měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu a zařízení pro provádění tohoto způsobu jsou určeny pro výzkumné a technologicko-aplikační účely, konkrétně pro umožnění zkoumání těžkých nabitých částic, respektive hmotnosti iontů v nízkoteplotním plazmatu.

PATENTOVÉ NÁROKY

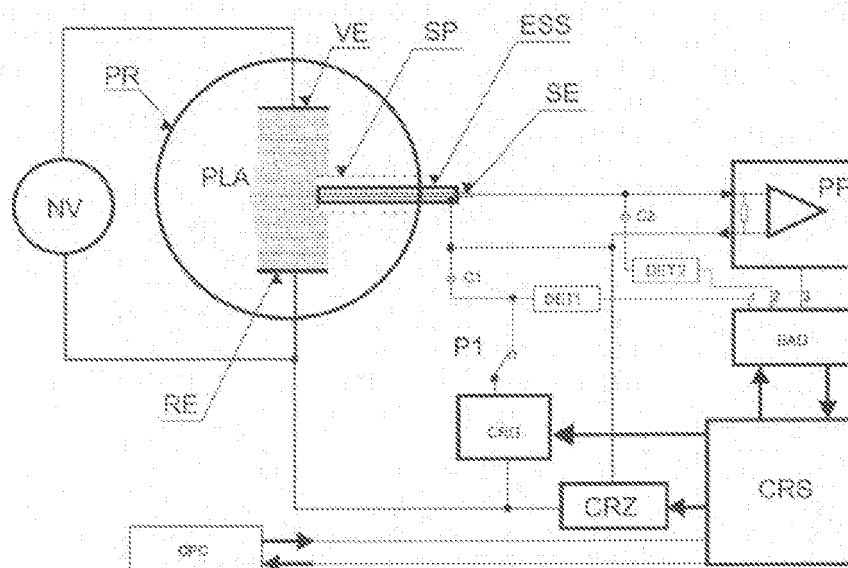
1. Způsob měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu aplikovaném v plazmochemickém reaktoru, v němž je umístěn měřený plazmatický objekt, který je vybaven zdrojem napájení výboje napojeným na výbojovou elektrodu a referenční elektrodu, ve kterém je zabudována elektrony separující sonda vybavená sběrnou elektrodou a který je propojen na řídicí počítač, **vyznačující se tím**, že po primárním nastavení parametrů měřicího systému se jednak postupně nastavuje referenční napětí na elektrony separující sondě a její sběrné elektrodě a měří se proud procházející přes referenční elektrodu, plazmatickým objektem a sběrnou elektrodou a jednak jsou pomocí referenčního detektoru a snímacího detektoru průběžně vyhodnocovány amplitudy digitalizovaných vysokofrekvenčních signálů přicházejících z elektrony separující sondy a ze sběrné elektrody.
2. Zařízení pro měření iontové hmotnostní rozdělovací funkce v nízkoteplotním plazmatu podle nároku 1 aplikované na plazmochemickém reaktoru (PR), ve kterém je umístěn měřený plazmatický objekt (PLA), který je vybaven zdrojem (NV) napájení výboje napojeným na výbojovou elektrodu (VE) a referenční elektrodu (RE), a do kterého je zavedena elektrony separující sonda (ESS) vybavená sběrnou elektrodou (SE) opatřenou stínícím pláštěm (SP), přičemž vlastní měřicí obvod zařízení sestává z číslicového řídicího systému (CRS), který je napojen na řídicí počítač (CPC), jednak je přes v sérii zapojené tříkanálový blok (BAD) analogově digitálních převodníků napětí a proudový převodník (PP) propojen se sběrnou elektrodou (SE) elektrony separující sondy (ESS) a jednak jsou k němu paralelně připojeny zdroj

- (CRZ) referenčního napětí a počítačem laděný generátor (CRG) vysokofrekvenčního signálu, kde zdroj (CRZ) referenčního napětí je dále přímo napojen na referenční elektrodu (RE) zdroje (NV) napájecího výboje **vyznačující se tím**, že výstupy zdroje (CRZ) referenčního napětí jsou propojeny se vstupem generátoru (CRG) vysokofrekvenčního signálu, proudového převodníku (PP) a s elektrony separující sondou (ESS), přičemž jednak tříkanálový blok (BAD) analogově digitálních převodníků je svým prvním vstupem (1) propojen přes referenční detektor (DET1) a referenční oddělovací kondenzátor (C1) s elektrony separující sondou (ESS) a svým druhým vstupem (2) přes snímací detektor (DET2) a vazební oddělovací kondenzátor (C2) mezi proudový převodník (PP) a sběrnou elektrodu (SE) a jednak je generátor (CRG) vysokofrekvenčního signálu přes přepínač (P1) napojen mezi referenční detektor (DET1) a referenční oddělovací kondenzátor (C1).

1 výkres

Seznam vztahových značek

- PR - plazmochemický reaktor
- PLA - plazmatický objekt
- NV - zdroj napájení výboje
- VE - výbojová elektroda
- RE - referenční elektroda
- ESS - elektrony separující sonda
- SE - sběrná elektroda
- SP - stínící plášť
- CRS - číslíkový řídicí systém
- CPC - řídicí počítač
- BAD - blok analogově digitálních převodníků
- PP - proudový převodník
- CRZ - zdroj referenčního napětí
- CRG - generátor vysokofrekvenčního signálu
- 1 - první vstup
- 2 - druhý vstup
- DET1 - referenční detektor
- DET2 - snímací detektor
- C1 - referenční oddělovací kondenzátor
- C2 - vazební oddělovací kondenzátor
- P1 - přepínač



Obr. 1