

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2023-480

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

H05H 1/24 (2006.01)
H05H 1/30 (2006.01)
H05H 1/40 (2006.01)
H05H 1/46 (2006.01)
H05H 1/50 (2006.01)
H01J 37/08 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **12.12.2023**

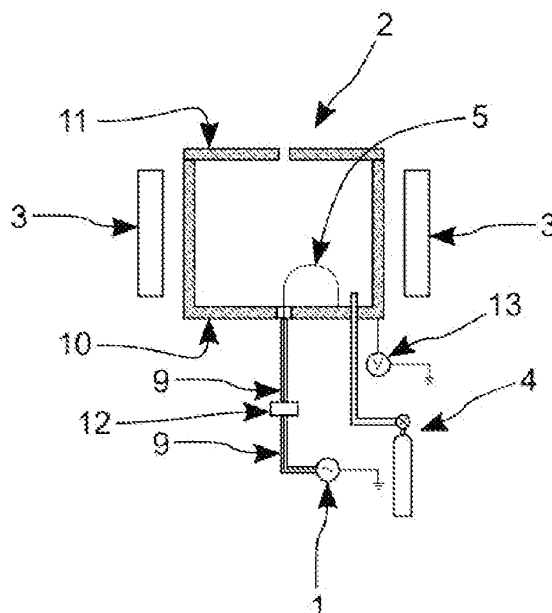
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **25.06.2025**
(Věstník č. 26/2025)

(71) Přihlašovatel:
TESCAN GROUP, a.s., Brno, Kohoutovice, CZ

(72) Původce:
Ing. Lukáš Havlíček, Dolní Dobrouč, CZ

(54) Název přihlášky vynálezu:
Plasmový zdroj iontů

(57) Anotace:
Předmětem vynálezu je plasmový zdroj iontů, jež využívá cyklotronovou rezonanci a induktivní vazbu mezi jednotlivými prvky. Plasmový zdroj iontů obsahuje buzený prvek, jímž je emitorová cívka (5), která je buzena vysokofrekvenčním signálem generovaným zdrojem (1) vysokofrekvenčního signálu. Emitorová cívka (5) je indukčně spojena s vnitřkem komory (2) nebo s vazebními členy (6) umístěnými uvnitř komory (2).



Plasmový zdroj iontů

Oblast techniky

5

Vynález se týká plasmového zdroje iontů využívajícího elektronovou cyklotronovou rezonanci a induktivní vazbu mezi jednotlivými prvky plasmového zdroje iontů. Vynález se týká plasmového zdroje iontů pro použití zejména v mikroskopii.

10

Dosavadní stav techniky

Iontové obrábění má široké využití vzhledem k jeho schopnosti obrábět velice přesně i velice malé struktury. Iontové obrábění tedy má nezastupitelnou roli například při výrobě mikroskopických struktur, při přípravě lamel ze vzorků pro pozorování v transmisních elektronových mikroskopech nebo při analýze defektů polovodičových zařízení a v mnoha dalších aplikacích.

Jednou z možností, jak vytvořit ionty je využití plasmového zdroje iontů. Plasmovým zdrojem iontů může být zdroj popsaný v patentu US8664862B2. Tento patent popisuje plasmový zdroj s první tyč tvořící čtvrt vlnnou anténu, která je obklopena dalšími tyčemi tvořícími vazební členy společně s první tyčí. Tyto tyče jsou umístěny ve válcové dutině. Zmíněné tyče jsou připevněny k jedné z podstav válcové dutiny a ve druhé podstavě je otvor, kterým mohou unikat vzniklé ionty z dutiny. Tyče tvořící vazební členy s tyčí tvořící anténu jsou elektricky vodivě spojeny s dutinou. Tyč tvořící anténu prochází podstavou dutiny a je od dutiny oddělena izolantem. Plasma je s největší intenzitou generovaná na nepřipevněných koncích těchto tyčí. Pro co nejefektivnější generování iontů je velmi důležité přesné umístění tyče tvořící anténu vůči otvoru v podstavě dutiny. Zároveň je také velmi důležité, aby tyč tvořící anténu měla v dutině určitou délku. Nevýhodou tohoto řešení je tedy nezbytnost velmi přesného umístění tyče tvořící anténu, přičemž toto je velmi obtížné dosáhnout, protože je velmi komplikované změřit usazení tyče tvořící anténu uvnitř dutiny a zároveň v závislosti na technickém provedení může být obtížné tyč usadit definovaným způsobem.

Bylo by tedy vhodné přijít s řešením plazmového zdroje, který by umožňoval efektivní generování iontů a zároveň snadnější výrobu takového zdroje s menšími nároky na přesnost výroby.

35

Podstata vynálezu

Výše uvedeného cíle je dosaženo prostřednictvím plazmového zdroje iontů obsahujícího zdroj vysokofrekvenčního signálu, komoru, zdroj magnetického pole uzpůsobený pro vytváření homogenního magnetického pole umístěný vně okolo komory tak, že jím generované magnetické pole zasahuje do prostoru komory a ovlivňuje atomy připouštěného plynu, systém připouštění plynu procházející skrz stěnu komory a buzený prvek, jež je buzen vysokofrekvenčním signálem generovaným zdrojem vysokofrekvenčního signálu, jehož podstata spočívá v tom, že buzeným prvkem je emitorová cívka mající indukční vazbu s vnitřkem komory. Plasmový zdroj iontů naplňuje výše uvedený cíl tak, že využívá jako buzený prvek emitorovou cívku. Výhodou využití emitorové cívky je snazší výroba samotné cívky, která nevyžaduje takovou přesnost při výrobě, jelikož závity cívky lze snadno vytvarovat do pro danou aplikaci výhodného tvaru a zároveň také lze snadno určit rozměry závitů cívky. Zároveň výhodou využití emitorové cívky jako buzeného prvku je jednodušší výroba, jelikož umístění emitorové cívky do žádané pozice v komoře je snazší než v případě antény.

50

Ve výhodném provedení plazmového zdroje iontů je v komoře umístěn alespoň jeden vazební člen, přičemž všechny vazební členy jsou mechanicky a elektricky spojeny s komorou a mají také

indukční vazbu s emitorovou cívkou. Výhodou tohoto provedení je kontrolovatelnost místa, kde dochází k tvorbě plasmu.

5 V první variantě plazmového zdroje iontů je emitorová cívka umístěna uvnitř komory a je elektricky spojena s komorou. Ve výhodném provedení podle této varianty je emitorová cívka galvanicky oddělena od zdroje vysokofrekvenčního signálu. Výhodou takového oddělení je, že zdroj vysokofrekvenčního signálu není nutné navrhovat s ohledem na případný potenciál na kterém je komora.

10 Ve druhé variantě plazmového zdroj iontů je emitorová cívka je umístěna vně komory. Výhodou této varianty je, že se emitorová cívka nenachází v prostoru, kde dochází k vytváření plasmu a tedy není vystavena jejím degradačním účinkům. Zároveň je také v této variantě emitorová cívka galvanicky oddělena od komory a není nutné ji navrhovat s ohledem na případný potenciál na kterém je komora.

15 Ve třetí variantě plazmového zdroje iontů je emitorová cívka umístěna uvnitř komory a uvnitř komory je dále umístěna přijímací cívka elektricky spojená s emitorovou cívkou, dále vně komory je umístěna vysílací cívka elektricky spojená se zdrojem vysokofrekvenčního signálu a mající indukční vazbu s přijímací cívkou. Výhodou této varianty je, že emitorová cívka je galvanicky oddělena od komory a není nutné ji navrhovat s ohledem na případný potenciál na kterém je komora.

25 Ve výhodném provedení má profil vazebního členu tvar výseče mezikruží s úhlem výseče 5° až 90° . Výhodou takového provedení vazebního členu je snazší obrábění, pokud je vyráběn společně s komorou z jednoho polotovaru.

Objasnění výkresů

30 Podstata vynálezu je dále objasněna na příkladech jeho uskutečnění, které jsou popsány s využitím připojených výkresů, kde na:

obr. 1 je schematicky znázorněna první varianta příkladného provedení uspořádání plazmového zdroje iontů,

35 obr. 2 je schematicky znázorněna druhá varianta příkladného provedení uspořádání plazmového zdroje iontů,

40 obr. 3 je schematicky znázorněna třetí varianta příkladného provedení uspořádání plazmového zdroje iontů.

Příklady uskutečnění vynálezu

45 Uvedená uskutečnění znázorňují příkladné varianty provedení vynálezu, která však nemají z hlediska rozsahu ochrany žádný omezující vliv.

Elektrickým spojením je myšleno fyzické spojení pomocí např. vodiče 1. třídy nebo koaxiálního kabelu 2 schopné přenášet elektrickou energii.

50 Umístěním při něčem je myšleno takové umístění kdy se jeden prvek dotýká toho druhého nebo je vzdálenost mezi nimi zanedbatelná ve srovnání s rozměry daných prvků. Za zanedbatelnou vzdálenost je možné považovat vzdálenost do přibližně 5 mm.

Příkladem provedení vynálezu je plazmový zdroj iontů viditelný na obr. 1 až 3 obsahující zdroj 1 vysokofrekvenčního signálu. Zdroj 1 vysokofrekvenčního signálu je zdroj umožňující generovat signál v rozmezí 1 až 5,8 GHz, obvykle pak 2,2 až 2,8 GHz. Plazmový zdroj iontů dále obsahuje komoru 2, zdroj 3 magnetického pole uzpůsobený pro vytváření homogenního magnetického pole umístěný vně komory 2, systém 4 pro připouštění plynu procházející skrz stěnu komory 2 a alespoň jeden buzený prvek.

Buzeným prvkem je emitorová cívka 5. Emitorovou cívkou 5 je cívka, jež je uzpůsobena pro vyzařování střídavého elektrického pole. V jednom z příkladných provedení emitorové cívky 5 je emitorová cívka 5 planární. V dalším příkladném provedení emitorové cívky 5 je emitorová cívka 5 tzv. magnetická smyčka. Mezi emitorovou cívkou 5 a vnitřkem komory 2 je indukční vazba. Při vybuzení emitorové cívky 5 vysokofrekvenčním signálem dochází ke vzniku plasmy mezi komorou 2 a emitorovou cívkou 5.

V jednom z příkladných provedení plazmového zdroje iontů je v komoře 2 dále umístěn alespoň jeden vazební člen 6, viditelný na obr. 2 a 3. Emitorová cívka 5 je s vazebním členem 6 spojena indukční vazbu, při vybuzení emitorové cívky 5 vysokofrekvenčním signálem tak dochází ke vzniku plasmy mezi emitorovou cívkou 5 a vazebním členem 6.

Komora 2 má alespoň jednu boční stranu a dvě podstavy. V jedné z podstav komory 2 je vytvořen otvor uzpůsobený pro vypouštění vygenerovaných iontů, dále už tato podstava bude nazývána jen výstupní podstava 11. Podstava komory 2 opačná, než je výstupní podstava 11 bude dále nazývána jen zdrojová podstava 10. V příkladném provedení výstupní podstavy 11 je výstupní podstava 11 součástí zbytku komory 2 tak, jak je to vidět na obr. 3. V dalším příkladném provedení komory 2 je výstupní podstava 11 provedena jako samostatný kryt tak, jak je to vidět na obr. 1 a 2, kryt je s komorou 2 rozebíratelně nebo pevně spojen. V jednom z příkladných provedení krytu je kryt vodivý a je připojený na potenciálu stejném, jako je potenciál komory 2. V prvním příkladném zdrojové podstavy 10, jak je vidět na obr. 1, je zdrojová podstava 10 ze stejného materiálu jako zbytek komory 2. Ve druhém příkladném provedení zdrojové podstavy 10, jak je to vidět na obr. 3, je celá zdrojová podstava 10 z jakéhokoliv pevného dielektrika. Ve třetím příkladném provedení komory 2, jak je vidět na obr. 2, je část zdrojové podstavy 10 z jakéhokoliv pevného dielektrika a zbytek je ze stejného materiálu jako zbytek komory 2, přičemž částí z dielektrika je myšlena taková část zdrojové podstavy 10, která odpovídá průmětu emitorové cívky 5 nebo vysílací cívky 7 nebo přijímací cívky 8 do roviny zdrojové podstavy 10.

Komora 2 je dále uzpůsobena pro připouštění plynu. Skrz stěnu komory prochází systém 4 pro připouštění plynu. Součástí systému 4 pro připouštění plynu je alespoň jeden zdroj plynu a vedení plynu připojené ke zdroji plynu na jednom konci a na druhém konci ústící v komoře 2. Z do komory 2 připuštěného plynu se následně vytváří žádané ionty.

Vně komory 2 je umístěn zdroj 3 magnetického pole. Zdroj 3 magnetického pole je umístěn vně komory 2 tak, aby magnetické pole vytvářené tímto zdrojem 3 zasahovalo do prostoru komory 2 a ovlivňovalo atomy plynu připouštěného do komory 2. Zdroj 3 magnetického pole obsahuje jeden nebo více prvků schopných dohromady vytvářet homogenní magnetické pole uvnitř komory 2. Zdrojem 3 magnetického pole je permanentní magnet nebo elektromagnet. Prvky zdroje 3 magnetického pole mohou mít prstencový tvar nebo obdélníkový nebo jakýkoliv jiný tvar a zároveň počet tak, aby byly schopné vytvářet homogenní magnetické pole uvnitř komory 2.

Vazební členy 6 jsou mechanicky spojeny s komorou 2 a jsou s ní také elektricky spojeny. V prvním příkladném provedení vazebních členů 6 jsou vazební členy 6 a komora 2 jeden díl, tedy vyrobeny z jednoho polotovaru. Ve druhém příkladném provedení vazebních členů 6 jsou vazební členy 6 ke komoře 2 připevněny rozebíratelným nebo nerozebíratelným způsobem, např. šroubením, nalisované, nebo jakkoliv jinak, pokud bude zachováno mechanické a elektrické spojení. Vazební členy 6 mohou mít různé tvary například tyč s kruhovým profilem nebo tyč s profilem ve tvaru výseče mezikruží s úhlem výseče od 5° do 90°, případně jakýkoliv jiný

vyrobitelný tvar, který je možné vyrobit subtraktivní nebo aditivní technologií výroby a který je schopný plnit funkci vazebního členu 6 s emitorovou cívkou 5.

- 5 Vnitřek komory 2, emitorová cívka 5 a pokud se v komoře 2 nacházejí, tak také vazební členy 6 mají takovou kombinaci rozměrů a vzájemného umístění, která při zvolené frekvenci generovaného vysokofrekvenčního signálu umožňuje dosáhnout rezonance. Mezi parametry patří například průměr závitu emitorové cívky 5, délka vazebních členů 6, tvar vnitřku komory 2 a její rozměry, kdy v případě, že komora 2 je válcová tak těmito rozměry jsou vnitřní průměr a výška.
- 10 V prvním příkladném provedení uspořádání plasmového zdroje iontů je emitorová cívka 5 uvnitř komory 2 při zdrojové podstavě 10 a je elektricky spojena s prvkem 12 galvanického oddělení. Prvek 12 galvanického oddělení se nachází vně komory 2 a je jím například frekvenční propust o rezonanční frekvenci rovnající se budící frekvenci plazmatu. Emitorová cívka 5 je dále elektricky spojena s komorou 2. Prvek 12 galvanického oddělení je dále elektricky spojen se zdrojem 1
- 15 vysokofrekvenčního signálu.

- Ve druhém příkladném provedení uspořádání plasmového zdroje iontů je emitorová cívka 5 uvnitř komory 2 a zároveň je uvnitř komory 2 také přijímací cívka 8, která je umístěna při zdrojové podstavě 10. Přijímací cívka 8 je elektricky spojena s emitorovou cívkou 5. Vně komory 2 je dále
- 20 při zdrojové podstavě 10 umístěna vysílací cívka 7, která je indukčně spojená s přijímací cívkou 8. Vysílací cívka 8 je dále elektricky spojena se zdrojem 1 vysokofrekvenčního signálu. Emitorová cívka 5 není v tomto případě elektricky spojena s komorou 2, je tedy od komory 2 galvanicky oddělena.

- 25 Ve třetím příkladném provedení uspořádání plasmového zdroje iontů je emitorová cívka 5 vně komory 2 při zdrojové podstavě 10 a je elektricky spojena se zdrojem 1 vysokofrekvenčního signálu. Emitorová cívka 5 není v tomto případě elektricky spojena s komorou 2, je tedy od komory 2 galvanicky oddělena.

- 30 Komora 2 je připojena na nenulovém potenciálu generovaného zdrojem 13 stejnosměrného napětí. Potenciál komory 2 je v rozmezí více než 0 kV až 35 kV včetně.

- V prvním konkrétním příkladném viditelném na obrázku 1 provedení je dle prvního příkladného provedení uspořádání plasmového zdroje iontů emitorová cívka 5 uvnitř komory 2 a je elektricky
- 35 spojena pomocí koaxiálního kabelu 9 s prvkem 12 galvanického oddělení, kterým je frekvenční propust o rezonanční frekvenci rovnající se budící frekvenci plazmatu umístěnou vně komory 2. Emitorová cívka 5 je umístěna při zdrojové podstavě 10 a elektrické spojení emitorové cívky 5 s frekvenční propustí prochází skrz zdrojovou podstavu 10 a je od ní izolováno. Frekvenční propust o rezonanční frekvenci rovnající se budící frekvenci plazmatu je dále spojena se zdrojem 1
- 40 vysokofrekvenčního signálu. Frekvence signálu generovaného zdrojem 1 vysokofrekvenčního signálu a přes frekvenční propust přenášeného do emitorové cívky 5 je v tomto příkladném provedení 2,4 GHz. Emitorová cívka 5 je dále elektricky spojena také s komorou 2. Celá komora 2 včetně obou podstav je ze stejného materiálu a je připojena na potenciál 30 kV. V komoře 2 není v tomto konkrétním příkladném provedení umístěn žádný vazební člen 6. Vně komory 2 je umístěn
- 45 zdroj 3 magnetického pole ve formě permanentního magnetu s prstencovým tvarem. Emitorová cívka 5 je indukčně spojena s vnitřkem komory 2 a plasma se tak tvoří v celém prostoru komory 2.

- Ve druhém konkrétním příkladném provedení viditelném na obr. 2 je dle druhého příkladného provedení uspořádání plasmového zdroje iontů emitorová cívka 5 uvnitř komory 2 a je elektricky
- 50 spojena s přijímací cívkou 8. Přijímací cívka 8 je umístěna při zdrojové podstavě 10, přičemž část zdrojové podstavě 10, která odpovídá průmětu přijímací cívky 5 do roviny zdrojové podstavě 10 je z keramiky. Vně komory 2 je při zdrojové podstavě 10 dále umístěna vysílací cívka 7. Vysílací cívka 7 a přijímací cívka 8 jsou spojeny indukční vazbou. Vysílací cívka 7 je dále elektricky spojena se zdrojem 1 vysokofrekvenčního signálu. Emitorová cívka 5 není spojena s komorou 2.
- 55 Komora 2 má v tomto příkladném provedení přibližně válcovitý tvar. Vně komory 2 je umístěn

- zdroj 3 magnetického pole ve formě čtyř rovnoměrně rozmístěných elektromagnetů s obdélníkovým tvarem. Okolo emitorové cívky 5 jsou soustředně rozmístěny tři vazební členy 6 na jednom konci vždy mechanicky a elektricky spojené s komorou 2. Vazební člen 6 je v tomto příkladném provedení ve formě tyče s profilem ve tvaru výseče mezikruží s úhlem výseče 35° .
- 5 Mezi emitorovou cívkou 5 a vazebními členy 6 je indukční vazba. Plasma se v tomto případě tvoří v okolí konců vazebních členů 6 nepřipevněných ke komoře 2.

- Ve třetím konkrétním příkladném provedení viditelném na obr. 3 je dle třetího příkladného provedení uspořádání plasmového zdroje iontů emitorová cívka 5 vně komory 2 při zdrojové
- 10 podstavě 10. Zdrojová podstava 10 je v tomto příkladném provedení z keramiky. Výstupní podstava 11 je v tomto příkladném provedení součástí komory. Emitorová cívka 5 je elektricky spojená se zdrojem 1 vysokofrekvenčního signálu. V komoře 2 jsou umístěny tři vazební členy 6 mechanicky a elektricky s ní spojené. Vazební členy 6 jsou v tomto příkladném provedení mechanicky spojené s bočními stěnami komory 2. Vazební členy 6 mají v tomto příkladném
- 15 provedení kruhový profil. Emitorová cívka 5 je dále indukčně spojená s vazebními členy 6 v komoře 2. Zdrojová podstava 10 je z keramiky. Komora 2 má v tomto příkladném provedení přibližně tvar kvádra. Vně komory 2 je umístěn zdroj 3 magnetického pole ve formě cívky navinuté okolo komory 2.

- 20 Plasmový zdroj iontů dle výše uvedeného popisu může být použit například jako zdroj iontů pro zařízení s fokusovaným iontovým svazkem obsahujícího další prvky známé ze stavu techniky.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Plazmový zdroj iontů obsahující zdroj (1) vysokofrekvenčního signálu, komoru (2), zdroj (3) magnetického pole uzpůsobený pro vytváření homogenního magnetického pole umístěný vně komory (2) tak, že jím generované magnetické pole zasahuje do prostoru komory (2) a ovlivňuje atomy připouštěného plynu, systém (4) připouštění plynu procházející skrz stěnu komory (2) a buzený prvek, jež je buzen vysokofrekvenčním signálem generovaným zdrojem (1) vysokofrekvenčního signálu, **vyznačující se tím**, že buzeným prvkem je emitorová cívka (5) mající indukční vazbu s vnitřkem komory (2).

2. Plazmový zdroj iontů podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v komoře (2) je umístěn alespoň jeden vazební člen (6), přičemž všechny vazební členy (6) jsou mechanicky a elektricky spojeny s komorou (2) a mají také indukční vazbu s emitorovou cívkou (5).

3. Plazmový zdroj iontů podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že emitorová cívka (5) je umístěna uvnitř komory (2) a je elektricky spojena s komorou (2).

4. Plazmový zdroj iontů podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že emitorová cívka (5) je umístěna vně komory (2).

5. Plazmový zdroj iontů podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že emitorová cívka (5) je umístěna uvnitř komory (2) a uvnitř komory (2) je dále umístěna přijímací cívka (8) elektricky spojená s emitorovou cívkou (5), dále vně komory (2) je umístěna vysílací cívka (7) elektricky spojená se zdrojem (1) vysokofrekvenčního signálu a mající indukční vazbu s přijímací cívkou (8).

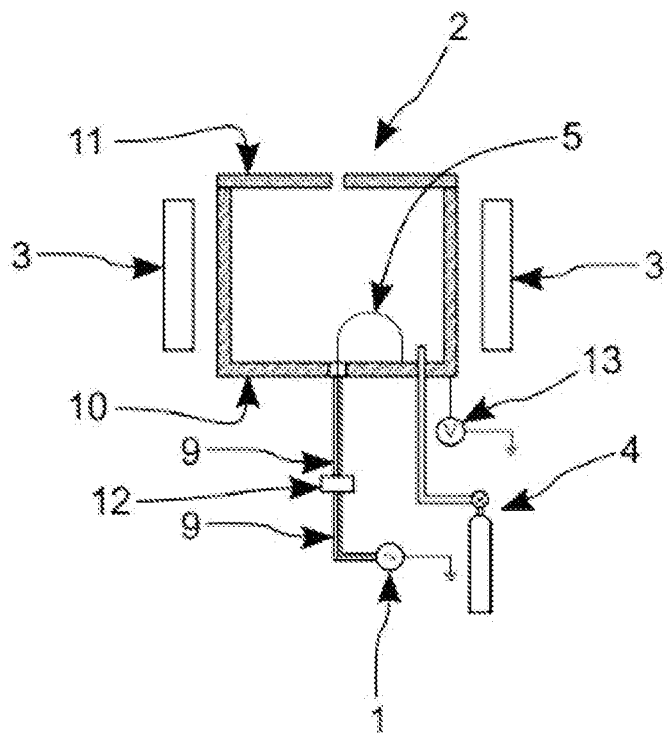
6. Plazmový zdroj iontů podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že emitorová cívka (5) je galvanicky oddělena od zdroje (1) vysokofrekvenčního signálu.

7. Plazmový zdroj iontů podle kteréhokoliv z nároků 2 až 6, **vyznačující se tím**, že profil vazebního členu (6) má tvar výseče mezikruží s úhlem výseče 5° až 90°.

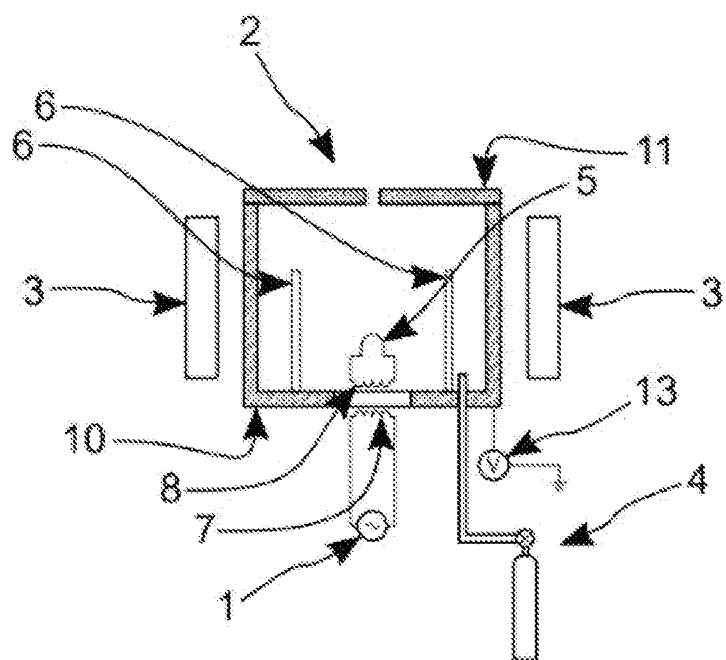
2 výkresy

Seznam vztahových značek:

- 1 - Zdroj vysokofrekvenčního signálu
- 2 - Komora
- 3 - Zdroj magnetického pole
- 4 - Systém připouštění plynu
- 5 - Emitorová cívka
- 6 - Vazební člen
- 7 - Vysílací cívka
- 8 - Přijímací cívka
- 9 - Koaxiální kabel
- 10 - Zdrojová podstava
- 11 - Výstupní podstava
- 12 - Prvek galvanického oddělení
- 13 - Zdroj stejnosměrného napětí



Obr. 1



Obr. 2

