

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

303 104

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G01N 21/39 (2006.01)
G01N 21/01 (2006.01)
G01N 21/31 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRUMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2008-840**
(22) Přihlášeno: **23.12.2008**
(40) Zveřejněno: **07.07.2010**
(Věstník č. 27/2010)
(47) Uděleno: **23.02.2012**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **04.04.2012**
(Věstník č. 14/2012)

(56) Relevantní dokumenty:

US 5568255 A.; CZ 20090765 A.; CZ 20376 U.; CZ 20273 U.; US 2006262316 A.; DE 19615396 A.; DE 3630068 C; JP 8075651 A.; US 5636035 A.

(73) Majitel patentu:

Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha 8 - Libeň, CZ

(72) Původce:

Adámek Petr Doc. PaedDr. Ph.D., České Budějovice, CZ
Čada Martin Mgr. Ph.D., Praha 6, CZ
Hubička Zdeněk Mgr. Ph.D., Praha 5, CZ
Virostko Petr Mgr., Frýdek-Místek, CZ
Jastrabík Lubomír RNDr. CSc., Praha 3, CZ
Olejníček Jiří RNDr. Ph.D., České Budějovice, CZ
Straňák Vítězslav RNDr. Ph.D., České Budějovice, CZ
Hippler Rainer Prof. Dr. rer. nat., Neuenkirchen, DE
Do Hoang Tung BcS., Greifswald, DE

(74) Zástupce:

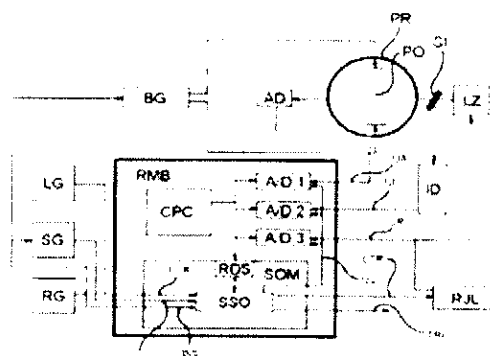
Ing. Petr Soukup, Vídeňská 8, Olomouc, 77200

(54) Název vynálezu:

Způsob diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu a měřicí systém k provádění způsobu této diagnostiky

(57) Anotace:

Způsob diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu pomocí řídicího a měřicího bloku (RMB) obsahujícího sekvenční obvodový modul (SOM) propojený s laserovým zdrojem (LZ) a generátory impulzů, jehož podstata spočívá v tom, že vzorky dat nesoucí údaje o absorpci a frekvenci rozmiřaného laserového paprsku vysílaného z laserového zdroje (LZ) do periodicky buzeného měřeného plazmatického objektu (PO) jsou během impulzu (PG) buzení plazmatu i po jeho skončení odebrány přes jednu nebo několik period v přesně určeném časovém intervalu od počátku periody ve formě digitalizovaných signálů a tento časově definovaný odběr je řízen spouštěcím a synchronizačním obvodem (SSO) sekvenčního obvodového modulu (SOM), jehož činnost je řízena na základě impulzů (PG) buzení plazmatu s dopředným fázovým posuvem period ($td_{1,n}$) intervalu měření tak, že každý následující impulz (PG) buzení plazmatu způsobuje postupné proměřování absorpce měřených atomů v plazmatu přes celý rozsah vlnových délek rozmiřaného laserového paprsku v časovém rozlišení řádů nanosekund. Podstatou vynálezu je rovněž měřicí systém k provádění tohoto způsobu.



CZ 303104 B6

Způsob diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu a měřicí systém k provádění způsobu této diagnostiky

5 Oblast techniky

Vynález se týká popisu způsobu diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu a měřicího systému k provádění způsobu této diagnostiky, který je určen zejména pro využití v základním výzkumu plazmatu a plazmových technologií.

10

Dosavadní stav techniky

Laserové absorpční spektroskopie (LAS) je velmi rozšířenou metodikou pro analýzu plynů, kapalin nebo dalších pro dané vlnové délky propustných a světlo absorbujících materiálů. Je často využívána pro měření parametrů nízkoteplotního plazmatu a je schopna poskytnout přesnou informaci o elementárních procesech zde probíhajících. Umožňuje určit absolutní objemovou hodnotu koncentrace atomů, iontů, molekul v základním nebo metastabilním stavu plazmatu. Laserový svazek procházející plazmatem je absorbován uvedenými částicemi a tím dochází pro frekvence daných přechodů k úbytku prošlé intenzity svazku. Použitý laser je laditelný, což umožňuje měření absorpce svazku v závislosti na frekvenci laseru. Z absorpčního maxima lze určit koncentraci absorbujících atomů v dráze laserového svazku a z Dopplerovského rozšíření absorpčního maxima lze určit kinetickou teplotu absorbujících částic. Metodou LAS a zařízeními k její aplikaci se zabývá řada publikací a statí, například Demtroder W.: „Laserspektroskopie“ (Springer, Berlin, 2000); Ropcke J. et al. „Low Temperature Plasma Physics“ ed. Hippler, S. Pfau, M. Schmidt and K. H. Schoenbach (Wiley/VCH, Weinheim, 2001, p. 173); Wang W. et al. (Appl. Phys. Lett. 68, 1996 p. 729); Niemax K. et al. (Anal. Chem. 68, 1996, p. 351A); Niemax K. et al. (Anal. Chem. 7, 2001, p. 134A); Zybin A. et al., J. Koch, H. D. Witzemann, J. Franzke and K. Niemax: (Spectrochim. Acta B 60, 2005, p. 1); Wolter M. et al. (Journal of Physics D—applied Physics 38 (14). 2005, p. 2390–2395); Olejníček J. et al. (Japanese Journal of Applied Physics 45 10B, 2006, p. 8090–8094).

Princip LAS je rovněž popsán a aplikován například v řešeních dle spisů EP 1647820, JP 2006261424, JP 2006133013, JP 8178870 nebo KR 920006391. Tyto uvedené příklady se nezabývají aplikací v diagnostice plazmatu, ale využívají polovodičových laserů s rozmítanou vlnovou délkou jako nového postupu a možné aplikace. Tyto vynálezy popisují speciální zařízení a metody pro absorpční spektroskopii, která však nejsou vhodná pro časově rozlišenou spektroskopii periodicky impulzního plazmatu.

Řešení dle spisu US 4986658 umožňuje metodou LAS určovat koncentraci, případně hustotu, látky převedené do plynné fáze a jedná se tedy o chemickou analýzu. Tato metoda používá výkonový laser pro odpaření taveniny, kde vytvořené plazma se analyzuje spektroskopicky rozlišeným detektorem, a může tak měřit chemické složení vzorku. V tomto případě se neměří přímo absorpce laserového svazku procházejícího plazmatem, ale světla emitovaného z horkého středu plazmového oblaku. Metoda dle spisu WO 2003/010519 pak pokrývá časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii obecně. Zkoumaný nespecifikovaný vzorek, například plyn, kapalina či světlo propustný materiál, je excitován nebo čerpán impulzním laserem a detektory zaznamenávají synchronně v čase spektrum ať už fluorescenční nebo absorpční. Jako detektory zde slouží kamera nebo jiný druh detektoru. Při aplikaci této metody se používá pro časově rozlišené měření jiný princip než je systém vzorkování signálu přes periodu impulzního plazmatu a řízeného spouštění laseru.

V současné době je LAS nízkoteplotního plazmatu prováděna bez časového rozlišení, to znamená, že pokud nastanou v plazmatu během měření nějaké změny či fluktuace nebo nestacionární děje, jsou zjištěné parametry plazmatu jakousi střední hodnotou přes tyto změny. Například

55

v práci *Olejníček J. et al. (Japanese Journal of Applied Physics 45 10B, 2006, p. 8090–8094)* byl tento druh stacionární LAS aplikován na DC pulzní magnetronové plazma, kdy byla měřena střední hodnota absolutní hodnoty koncentrace přes periodické pulzní buzení magnetronového výboje. V metodách popisovaných v publikacích *Rousseau A. et al. (J. Phys. D: Appl. Phys. 40, 2007, p. 2018–2025)* nebo *McManus J.B. et al. (Review of Scientific Instruments 74, 2003, p. 2709–2713)* bylo možností časového rozlišeného měření dosaženo tím, že rychlost frekvenčního rozmitání laseru byla dostatečně rychlá, tak že absorpční spektrum diagnostikované částice bylo změřeno dostatečně rychle. Tímto přístupem bylo dosaženo nejmenšího časového rozlišení 10 μ s. Tato minimální časová mez je dána maximální rychlostí, s jakou lze rozmitat laser, což je limitováno konstrukcí laditelných polovodičových laserů.

Vzhledem ke skutečnosti, že žádná ze známých a výše uvedených tématicky blízkých aplikací neposkytuje přesné časově rozlišené informace o průběhu elementárních procesů probíhajících v plazmatu, je snahou předkládaného řešení představit způsob diagnostiky a související měřicí systém, který zajišťuje synchronizované měření s impulzním periodickým výbojem pro zachycení jeho vývoje, respektive jeho dalších parametrů v čase.

Podstata vynálezu

Stanoveného cíle je dosaženo vynálezem, který je způsob diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu pomocí řídicího a měřicího bloku obsahujícího sekvenční obvodový modul propojený s laserovým zdrojem a generátory impulzů, jehož podstata spočívá v tom, že vzorky dat nesoucí údaje o absorpci a frekvenci rozmitaného laserového paprsku vysílaného z laserového zdroje do periodicky buzeného měřeného plazmatického objektu jsou během impulsu buzení plazmatu i po jeho skončení odebrány přes jednu nebo několik period v přesně určeném časovém intervalu od počátku periody ve formě digitalizovaných signálů a tento časově definovaný odběr je řízen spouštěcím a synchronizačním obvodem sekvenčního obvodového modulu, jehož činnost je řízena na základě impulzů buzení plazmatu s dopředným fázovým posuvem period intervalu měření tak, že každý následující impuls buzení plazmatu způsobuje postupné proměřování absorpce měřených atomů v plazmatu přes celý rozsah vlnových délek rozmitaného laserového paprsku v časovém rozlišení řádů nanosekund.

Ve výhodné aplikaci způsobu je po nastavení řídicího programu karty řídicího počítače řídicího a měřicího bloku a dalších prvků měřicího systému na počáteční hodnoty měření řízen během měření spouštěcí a synchronizační obvod impulzem buzení měřeného plazmatického objektu a hodinovými impulzy tak, že vygeneruje spouštěcí signál, kterým je v řídicí jednotce laserového zdroje dáno generování řídicího napětí s tzv. dopředným fázovým posuvem period intervalu měření, přičemž současně se zavedením impulsu buzení měřeného plazmatického objektu do spouštěcího a synchronizačního obvodu se spustí přes výkonový generátor výboj tvořící měřený plazmatický objekt a zároveň je spouštěcím generátorem vygenerován s přesně nastavitelným zpožděním vstupní budící impuls udávající okamžik měření všech tří okamžitých hodnot, modulačních napětí, který propustí obvod a spustí interním synchronizačním signálem digitalizační převody v řídicích převodnicích, přičemž tento signál je také externě vyveden vně řídicího a měřicího bloku jako alternativní výstupní signál pro synchronizaci s dalšími měřicími nebo technologickými procesy.

Také je podstatou vynálezu měřicí systém pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu sestávající jednak z řídicího a měřicího bloku, který minimálně obsahuje vzájemně propojené kartu řídicího počítače, měřicí převodníky digitalizace signálu a sekvenční obvodový modul, a jednak z měřeného plazmatického objektu, proti němuž jsou protilehle ustaveny laserový zdroj rozmitaného laserového paprsku a absorpční detektor napojené do sekvenčního obvodového modulu, přičemž laserový zdroj je vybaven řídicí jednotkou napojenou do sekvenčního obvodového modulu, absorpční detektor je propojen s kartou řídicího počítače a do směru vysílání rozmitaného laserového paprsku z laserového zdroje je před měřeným

plazmatickým objektem vložen interferometr, který je přes interferenční detektor propojen s kartou řídicího počítače, jehož podstata spočívá v tom, že sekvenční obvodový modul řídicího a měřicího bloku je tvořen minimálně sekvenčním spouštěcím a synchronizačním obvodem propojeným s kartou řídicího počítače přes řídicí a datovou sběrnici, kde do sekvenčního spouštěcího a synchronizačního obvodu jsou paralelně propojeny generátor plazmatu, spouštěcí generátor impulzů se stavitelným posuvem po fázi a laditelný generátor hodinových impulzů, přičemž spouštěcí generátor budicích impulzů je dále propojen přes budicí výkonový generátor s měřeným plazmatickým objektem.

10 Ve výhodném provedení je měřený plazmatický objekt situován v plazmochemickém reaktoru, proti jehož průzorům jsou protilehle ustaveny laserový zdroj rozmítaného laserového paprsku a absorpční detektor.

15 Nový způsob diagnostiky a měřicí systém k provádění tohoto způsobu umožňuje dosáhnout synchronizované měření s impulzním periodickým plazmovým výbojem v časovém intervalu 10 ns, kdy je měřena absorpce měřených atomů v plazmatu při zároveň nízké frekvenci rozmítání polovodičového laseru dosahující stabilního modu generace svazku. Tohoto účinku je dosaženo tím, že jsou vzorky dat nesoucí údaje o absorpci a frekvenci laseru odebírány přes jednu nebo několik period v přesně určeném časovém intervalu od počátku periody.

20

Přehled obrázků na výkresech

25 Konkrétní příklad konstrukce měřicího systému je schématicky znázorněn na připojených výkresech, kde

obr. 1 je celkové schéma uspořádání měřicího systému a

obr. 2 je příklad časového diagramu signálů měřicího systému.

30

Příklady provedení vynálezu

35 Základními prvky měřicího systému jsou měřený plazmatický objekt PO, situovaný v konkrétním případě v plazmochemickém reaktoru PR, a řídicí a měřicí blok RMB, který minimálně obsahuje vzájemně propojené kartu řídicího počítače CPC, tři měřicí převodníky A/D digitalizace signálu a sekvenční obvodový modul SOM. Měřicí systém je dále tvořen laserovým zdrojem LZ rozmítaného laserového paprsku a absorpčním detektorem AD, které jsou protilehle ustaveny proti neznázorněným průzorům plazmochemického reaktoru PR. Laserový zdroj LZ je vybaven řídicí jednotkou RJL napojenou do sekvenčního obvodového modulu SOM řídicího a měřicího bloku RMB a absorpční detektor AD je propojen s kartou řídicího počítače CPC přes první měřicí převodník A/D1. Výstup řídicí jednotky RJL je propojen s řídicím a měřicím blokem RMB přes třetí měřicí převodník A/D3. Do směru vysílání rozmítaného laserového paprsku z laserového zdroje LZ je před měřeným plazmatickým objektem PO, tedy před plazmochemickým reaktorem PR, vložen interferometr SI, který je přes interferenční detektor ID propojen přes druhý měřicí převodník A/D2 s kartou řídicího počítače CPC řídicího a měřicího bloku RMB. Do sekvenčního obvodového modulu SOM řídicího a měřicího bloku RMB jsou dále paralelně propojeny řídicí generátor RG plazmatu, spouštěcí generátor SG impulzů se stavitelným posuvem po fázi a laditelný generátor LG hodinových impulzů CLK, přičemž spouštěcí generátor SG budicích impulzů CV je dále propojen přes budicí výkonový generátor BG s plazmochemickým reaktorem PR.

50

Vlastní sekvenční obvodový modul SOM řídicího a měřicího bloku RMB je tvořen blíže nespecifikovaným sekvenčním spouštěcím a synchronizačním obvodem SSO propojeným s kartou řídicího počítače CPC přes řídicí a datovou sběrnici RDS a obsahujícím řadu neznázorněných nezbytných prvků a členů, jako jsou například řídicí karta, synchronní čítače, čítače počtu měření,

55

detektory signálů, paměti indikace stavu, paměti řídicího slova a jiné, které zabezpečující požadované funkce.

5 Příklad průběhu časového diagramu signálů z měřicího systému je znázorněn na obr. 2, kde PG je impuls buzení plazmatu odebíraný z řídicího generátoru RG, CV je vstupní budicí impuls pro spouštění měření ze spouštěcího generátoru SG, UR je referenční a řídicí napětí z laserového zdroje LZ, LTR je spouštěcí signál pro řídicí napětí laserového zdroje LZ, TRO je výstupní signál pro externí spouštění sběru dat, Tb je perioda buzení plazmatu, Tv je perioda nebuzení plazmatu, Tm je perioda intervalu zpoždění měření a td_{1-n} jsou intervaly časového zpoždění řídicího napětí UR.
10

Při požadavku na měření časově rozlišné laserové absorpční spektroskopie v impulzním plazmatu, sloužící k získání okamžitých parametrů měřeného plazmatického objektu PO v libovolné fázi během budicího impulsu PG i během dohasínání impulzně buzeného plazmatického výboje, je nutno využívat modulovaného, tzv. rozmitaného, laserového paprsku ve zvoleném rozsahu vlnových délek, které odpovídají studovaným metastabilním atomům. Rozmitání vlnové délky laserového paprsku je řízeno referenčním a řídicím napětím UR z laserového zdroje LZ ve tvaru symetrického trojúhelníku (Ramp Voltage), přičemž připojená řídicí jednotka RJL umožňuje nastavovat ofset a amplitudu tohoto napětíového signálu, a to včetně jeho opakovací frekvence. Toto tvarové referenční a řídicí napětí UR lze rovněž možno spouštět spouštěcím signálem LTR s úrovní číslicové logiky TTL generovaného ze spouštěcího a synchronizačního obvodu SSO, jak je patrné ze zapojení dle obr. 1. Kontrola stability frekvence laserového zdroje LZ je pak sledována interferometrem SI, jehož signál je snímán interferenčním detektorem ID s výstupním napětím UI.
15
20
25

Před měřením je nutno dle zadaných parametrů nastavit řídicí program karty řídicího počítače CPC, a to zejména počet vzorků měření během průběhu řídicího napětí UR, periodu intervalu měření Tm, synchronní vynulování čítačů a nastavení spouštěcího a synchronizačního obvodu SSO pro signály PG, CV a CLK a další počáteční hodnoty měření.
30

Během měření, tedy sběru dat je spouštěcí a synchronizační obvod SSO řízen impulzem PG buzení plazmatu a hodinovými impulzy CLK tak, že SSO vygeneruje spouštěcí signál LTR, kterým je v řídicí jednotce RJL laseru dáno generování řídicího napětí UR s tzv. dopředným fázovým posuvem period td_1 , td_2 až td_n intervalu měření, takže každý následující impuls PG buzení plazmatu způsobuje postupné proměřování absorpce přes celý rozsah vlnových délek laseru. Současně se zavedením impulsu PG buzení plazmatu do spouštěcího a synchronizačního obvodu SSO se spustí přes výkonový generátor BG výboj v plazmatu a zároveň je spouštěcím generátorem SG vygenerován s přesně nastavitelným zpožděním Tm vstupní budicí impuls CV udávající okamžik měření všech tří okamžitých hodnot UI, UR, UA, který propustí obvod SSO a spustí interním synchronizačním signálem Icv digitalizační převody v měřicích převodnicích A/D1, A/D2, A/D3. Tento signál Icv je také externě vyveden jako alternativní výstupní signál TRO pro synchronizaci s dalším možným procesem měřicím nebo technologickým.
35
40

45 Průmyslová využitelnost

Způsob diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu a měřicí systém k provádění tohoto způsobu podle vynálezu lze využít pro experimentální výzkumy v oblasti fyziky plazmatu a pro vyvíjené plazmové technologie.

PATENTOVÉ NÁROKY

5 1. Způsob diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu pomocí řídicího a měřicího bloku (RMB) obsahujícího sekvenční obvodový modul (SOM) propojený s laserovým zdrojem (LZ) a generátory impulzů, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že vzorky dat nesoucí údaje o absorpci a frekvenci rozmítaného laserového paprsku vysílaného z laserového zdroje (LZ) do periodicky buzeného měřeného plazmatického objektu (PO) jsou
10 během impulsu (PG) buzení plazmatu i po jeho skončení odebírány přes jednu nebo několik period v přesně určeném časovém intervalu od počátku periody ve formě digitalizovaných signálů a tento časově definovaný odběr je řízen spouštěcím a synchronizačním obvodem (SSO) sekvenčního obvodového modulu (SOM), jehož činnost je řízena na základě impulzů (PG) buzení plazmatu s dopředným fázovým posuvem period (td_{1-n}) intervalu měření tak, že každý následující impuls (PG) buzení plazmatu způsobuje postupné proměřování absorpce měřených atomů v plazmatu přes celý rozsah vlnových délek rozmítaného laserového paprsku v časovém rozlišení řádů nanosekund.

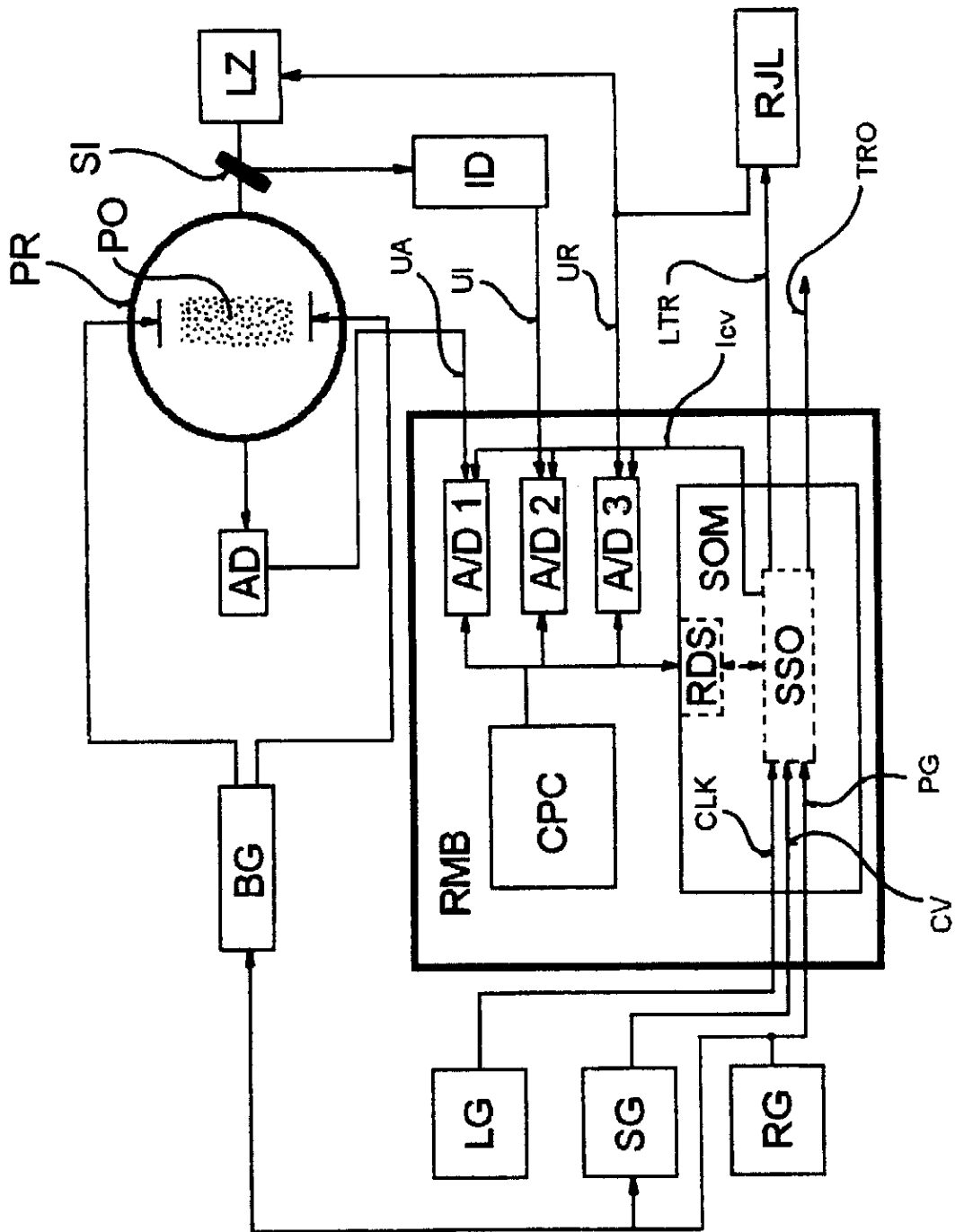
20 2. Způsob diagnostiky pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že po nastavení řídicího programu karty řídicího počítače (CPC) řídicího a měřicího bloku (RMB) a dalších prvků měřicího systému na počáteční hodnoty měření je během měření spouštěcí a synchronizační obvod (SSO) řízen impulzem (PG) buzení měřeného plazmatického objektu (PO) a hodinovými impulzy (CLK) tak, že (SSO) vygeneruje spouštěcí signál (LTR), kterým je v řídicí jednotce (RJM) laserového zdroje (LZ) dáno generování řídicího napětí (UR) s tzv. dopředným fázovým posuvem period (td_{1-n}) intervalu měření, přičemž
25 současně se zavedením impulsu (PG) buzení měřeného plazmatického objektu (PO) do spouštěcího a synchronizačního obvodu (SSO) se spustí přes výkonový generátor (BG) výboj tvořící měřený plazmatický objekt (PO) a zároveň je spouštěcím generátorem (SG) vygenerován s přesně nastavitelným zpožděním (T_m) vstupní budicí impuls (CV) udávající okamžik měření všech tří okamžitých hodnot (UI, UR, UA) modulačních napětí, který propustí obvod (SSO) a spustí interním synchronizačním signálem (I_{cv}) digitalizační převody v řídicích převodnicích (AD), přičemž tento signál (I_{cv}) je také extrémně vyveden vně řídicího a měřicího bloku (RMB) jako alternativní výstupní signál (TRO) pro synchronizaci s dalšími měřicími nebo technologickými procesy.

35 3. Měřicí systém pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopii v impulzním plazmatu sestávající jednak z řídicího a měřicího bloku (RMB), který minimálně obsahuje vzájemně propojené kartu řídicího počítače (CPC), měřicí převodníky (A/D) digitalizace signálu a sekvenční obvodový modul (SOM), a jednak z měřeného plazmatického objektu (PO), proti němuž jsou protilehle ustaveny laserový zdroj (LZ) rozmítaného laserového paprsku a absorpční detektor (AD) napojené do sekvenčního obvodového modulu (SOM), přičemž laserový zdroj (LZ) je vybaven řídicí jednotkou (RJM) napojenou do sekvenčního obvodového modulu (SOM), absorpční detektor (AD) je propojen s kartou řídicího počítače (CPC) a do směru vysílání rozmítaného laserového paprsku z laserového zdroje (LZ) je před měřený plazmatický objekt (PO) vložen
40 interferometr (SI), který je přes interferenční detektor (ID) propojen s kartou řídicího počítače (CPC), **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že sekvenční obvodový modul (SOM) řídicího a měřicího bloku (RMB) je tvořen minimálně sekvenčním spouštěcím a synchronizačním obvodem (SSO) propojeným s kartou řídicího počítače (CPC) přes řídicí a datovou sběrnici (RDS), kde do sekvenčního spouštěcího a synchronizačního obvodu (SSO) jsou paralelně propojeny řídicí generátor (RG) plazmatu, spouštěcí generátor (SG) impulzů se stavitelným posuvem po fázi a laditelný generátor (LG) hodinových impulzů (CLK), přičemž spouštěcí generátor (SG) budicí impuls (CV) je dále propojen přes budicí výkonový generátor (BG) s měřeným plazmatickým objektem (PO).

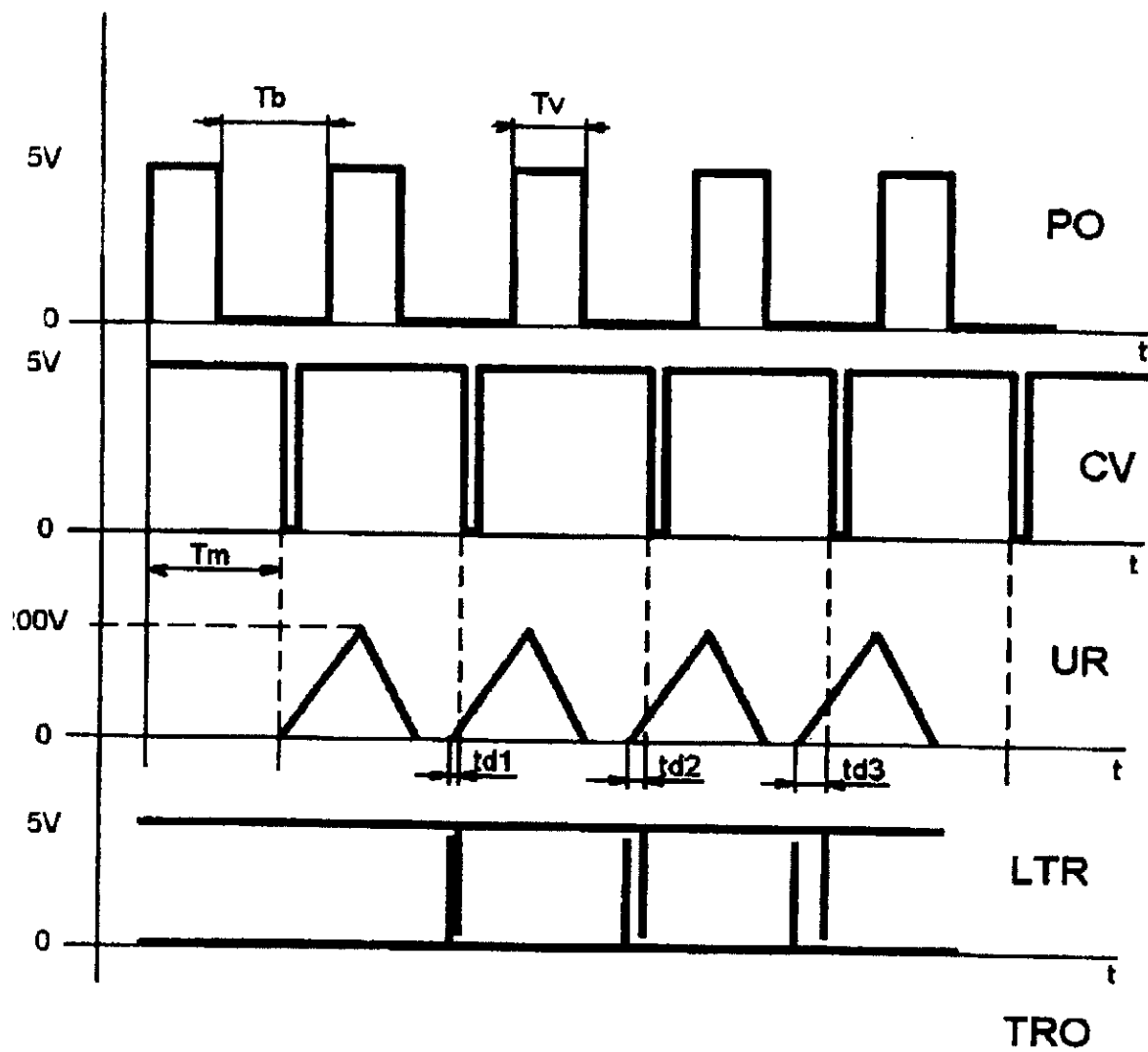
4. Měřicí systém pro časově rozlišenou laserovou absorpční spektroskopií v impulzním plazmatu podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že měřený plazmatický objekt (PO) je situován v plazmochemickém reaktoru (PR), proti jehož průzorům jsou protilehle ustaveny laserový zdroj (LZ) rozmiřtaného laserového paprsku a absorpční detektor (AD).

10

2 výkresy



OBR. 1



OBR. 2

Konec dokumentu