

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2011-728**
(22) Přihlášeno: **14.11.2011**
(40) Zveřejněno: **09.01.2013**
(Věstník č. 2/2013)
(47) Uděleno: **03.12.2012**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **09.01.2013**
(Věstník č. 2/2013)

(11) Číslo dokumentu:

303 615

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. CL.:
C01B 13/11 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

JP 63291805 A; JP 2003277023 A; RU 2176366 C; JP 7165404 A; JP 58135107 A; JP 2004018348 A.

(73) Majitel patentu:

České vysoké učení technické v Praze Fakulta
elektrotechnická, Praha, CZ

(72) Původce:

Bálek Rudolf Doc. Ing. CSc., Praha 10, CZ

(74) Zástupce:

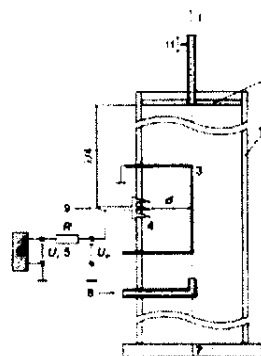
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, Chotutice, 28103

(54) Název vynálezu:

**Akustický rezonátor kombinovaný s
elektrickými výboji**

(57) Anotace:

Akustický rezonátor kombinovaný s elektrickými výboji je tvořen válcovou výbojovou komorou (10) s přívodem (8) zpracovávaného plynu, uzemněnou drátovou elektrodou (3) zaústěnou do výbojové komory (10) a spojenou s jedním potenciálem a vícejehlovou elektrodou (4) tvořenou soustavou jehel spojených s opačným potenciálem. Do výbojové komory (10) je z jedné strany zaústěn zdroj (7) akustických vln a z druhé strany posuvný reflektor (2) s otvorem (1) pro odvod zpracovávaného plynu a s posuvným mechanismem (11) pro libovolné nastavení jeho polohy po celé délce výbojové komory (10). Střed vícejehlové elektrody (4) je umístěn ve výbojové komoře (10) ve vzdálenosti $(\lambda/4)$ od posuvného reflektoru (2). Všechny tyto jehly jsou elektricky vodivé připojeny přes společný odpor (5) s vysokonapětovým zdrojem (6). Drátová elektroda (3) je elektricky spojena se zemním vodičem vně výbojové komory (10) a je tvořena vodičem kruhového průřezu umístěným v ose válcové výbojové komory (10) rezonátoru, jehož střed leží proti středu vícejehlové elektrody (4). Délka vodiče v ose válcové výbojové komory (10) je větší než dvojnásobek šířky vícejehlové elektrody (4) a jeho průměr je alespoň desetkrát menší než vnitřní průměr válcové výbojové komory (10).



CZ 303615 B6

Akustický rezonátor kombinovaný s elektrickými výbojiOblast techniky

5

Předkládané řešení se týká zařízení ve kterém dochází k interakci výkonového akustického pole s elektrickými výboji. Zařízení je určeno pro environmentální aplikace jako generace ozónu, rozklad oxidů dusíku, a dekompozice těkavých uhlovodíků.

10

Dosavadní stav techniky

Environmentální aplikace např. generace ozónu, rozklad oxidů dusíku případně dekompozice těkavých uhlovodíků jsou založeny na využití chemických reakcí. Reakční rychlosti těchto reakcí závisí na teplotě, koncentraci a míšení reakčních komponent, přítomnosti katalyzátorů a tlaku. Kromě toho lze reakční rychlosti ovlivnit ionizací komponent do reakcí vstupujících. Ionizace lze nejjednodušeji dosáhnout elektrickými výboji do kterých se komponenty/reagenty přivedou.

Pro praktické aplikace je vhodné výboj provozovat v co největších objemech při dosažení maximální dodané energie, čehož lze dosáhnout použitím víceelektrodových výbojů. S tím souvisí otázka řešení termální stability výboje. K udržení vhodné teploty výboje a výbojových elektrod se často používá chlazení proudícím plynem. Chladicí plyn však ředí plyn zpracováváný, čímž dochází k poklesu účinnosti uvedených procesů.

Je známé řešení podle patentu CZ 295687, kde se výkonovým ultrazvukem buzeným pístovým měničem podstatně zvyšuje generace ozónu elektrickým výbojem, který hoří mezi jehlou/tryskou a kmitající rovinou ultrazvukového měniče a dochází k částečnému chlazení a stabilizaci výboje. Podstatnou nevýhodou je nutnost použití nákladného ultrazvukového generátoru a nízká účinnost přenosu ultrazvuku z měniče do vzduchu.

30

Pro zvětšení objemu výboje se nejčastěji používá víceelektrodové uspořádání např. soustava elektrod/jehel připojených k jedné polaritě napětí proti vodivé rovině spojené s polaritou opačnou. Nevýhodou je, že každá z elektrod/jehel musí mít svůj předřadný odpor abychom alespoň částečně vyloučili hoření výboje pouze z jedné jehly, jak by tomu bylo, kdyby všechny jehly byly na stejném potenciálu. To značně komplikuje konstrukci zařízení zejména z hlediska elektrické izolace přívodů k jednotlivým jehlám a z hlediska velkých rozměrů předřadných vysokonapětových odporů.

Objem výboje z jedné jehly lze rozšířit vhodnou aplikací akustických vln. Je známo např. rozšíření výboje typu vícejehlová elektroda – rovinná elektroda, při umístění jehel do roviny kolmé k uzlu akustického tlaku v akustickém rezonátoru uvedené v patentu CZ 301 823. Toto uspořádání je tvořeno komorou realizovanou elektricky nevodivou trubicí, zdrojem akustických vln, a pohyblivým reflektorem. Ve vzdálenosti jedné čtvrtiny vlnové délky akustického vlnění ($\lambda/4$) do reflektoru, tedy v uzlu akustického tlaku, je umístěn systém elektrod pro vytvoření výbojů, sestávající z uzemněné rovinné vodivé elektrody, například tvořené terčem o takovém průměru, aby se vzhledem k rozšíření výboje choval jako rovinná elektroda, a z řady jehlových elektrod od terče přibližně stejně vzdálených, které mohou být na kladném nebo na záporném potenciálu vůči elektrodě rovinné. Elektrody jsou uspořádány symetricky v řadě, v rovině kolmé k rovině uzlu akustického tlaku. Jehly jsou společně připojeny ke zdroji vysokého napětí přes jediný společný předřadný odpor. Zpracováváný plyn je vhodné přivádět do výbojového prostoru a jímat otvorem v reflektoru. V tomto provedení popisovaná rovinná elektroda neumožňuje symetrické a vydatné zaplnění vnitřního prostoru zejména u válcových rezonátorů.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky odstraňuje akustický rezonátor kombinovaný s elektrickými výboji podle předkládaného uspořádání. Zařízení je tvořeno výbojovou komorou realizovanou elektricky nevodivou trubicí opatřenou vstupem a výstupem zpracovávaného plynu, uzemněnou vodivou elektrodou zaústěnou do výbojové komory a spojenou s jedním potenciálem a vícejehlovou elektrodou tvořenou soustavou jehel spojených s opačným potenciálem. Do výbojové komory je z jedné strany zaústěn zdroj akustických vln a z druhé strany posuvný reflektor, který má ve svém středu otvor pro odvod zpracovávaného plynu a který je spojen s posuvným mechanismem pro libovolné nastavení jeho polohy po celé délce komory. Střed vícejehlové elektrody je umístěn ve výbojové komoře ve vzdálenosti $\lambda/4$ od posuvného reflektoru, tedy v uzlu akustického tlaku. Všechny tyto jehly jsou elektricky vodivé připojeny přes společný odpor s vysokonapětovým zdrojem. Podstatou nového řešení je, že výbojová komora je válcová a uzemněná vodivá elektroda je drátová elektroda elektricky spojená se zemním vodičem vně výbojové komory. Tato drátová elektroda je tvořena vodičem kruhového průřezu umístěným v ose válcové výbojové komory rezonátoru, jehož střed leží proti středu vícejehlové elektrody. Délka vodiče drátové elektrody v ose válcové výbojové komory je větší než dvojnásobek šířky vícejehlové elektrody a jeho průměr je alespoň desetkrát menší než vnitřní průměr válcové výbojové komory. To znamená, že drátová elektroda má mít co nejmenší průměr, aby co nejméně ovlivňovala akustický rezonátor a vyhovovala požadavkům na proudovou hustotu vytvářenou výboji. Rovněž tak je v tomto případě vhodné, je-li délka drátové elektrody alespoň 2 krát větší než šířka vícejehlové elektrody, aby nedocházelo k ovlivnění výboje elektrickými přívody drátové elektrody.

Ve výhodném provedení je kolem obvodu válcové komory válcového rezonátoru symetricky k rovině uzlu akustického tlaku umístěn libovolný počet dalších vícejehlových elektrod, jejichž hroty mají stejnou vzdálenost k uzemněné drátové elektrodě.

Mechanismus stabilizace výboje spočívá v homogenizaci prostředí výbojového prostoru akustickým polem. Podílí se na ní jak akustická výchylka, kterou jsou částice prostředí posouvány s periodou akustické vlny napříč rovině uzlu akustického tlaku, tak změny tlaku projevující se periodicky měnícím se zředěním a zhuštěním antisymetricky v obou poloprostorech položených vůči rovině uzlu, ve které se zachovává atmosférický tlak. K rozšíření výboje dochází v rovině jehel vícejehlové elektrody. Ionizované prostředí ve kterém proběhne první výboj se dostane do výbojových prostorů ostatních elektrod, výboj se rozšiřuje a dochází ke stabilizaci všech výbojů.

Velmi výhodné je, že akustické vlnění tohoto uspořádání stabilizuje výboje tak, že hoří ze všech jehel, zároveň chladí výbojové elektrody a nařadí zpracovávaný plyn.

Kombinací použití vhodně uspořádaných stojatých akustických vln v rezonátoru a elektrického výboje lze takto dosáhnout synergického jevu spojeného se stabilizací víceelektrodového výboje, který přináší nové perspektivy pro řadu výše uvedených praktických aplikací a řeší uvedené nedostatky.

Objasnění výkresů

Příklad uspořádání zařízení pro stabilizaci výbojů ze záporné 3-jehlové elektrody vůči uzemněné drátové elektrodě za atmosférického tlaku v rezonátoru je schématicky naznačen na Obr. 1.

V Obr. 2a, 2b a 2c jsou ukázány snímky výbojů mezi 3-jehlovou elektrodou a drátovou elektrodou umístěnou v ose rezonátoru v závislosti na zvyšujícím se akustickém tlaku P při frekvenci 500 Hz a konstantním stejnosměrném napětí $U_S = -25$ kV.

Příklad uspořádání zařízení pro stabilizaci výbojů ze dvou záporných 3-jehlových elektrod vůči uzemněné drátové elektrodě za atmosférického tlaku je schématicky naznačen na Obr. 3.

V Obr. 4a, 4b a 4c jsou ukázány snímky výbojů ze dvou záporných 3-jehlových elektrod a drátovou elektrodou v ose rezonátoru v závislosti na zvyšujícím se akustickém tlaku P při frekvenci 500 Hz a konstantním stejnosměrném napětí $U_S = -25$ kV.

Příklady uskutečnění vynálezu

Uspořádání na Obr. 1 je tvořeno výbojovou komorou 10 realizovanou elektricky nevodivou trubicí, do které je z jedné strany zaústěn zdroj 7 akustických vln, zde elektroakustický měnič, a z druhé strany posuvný reflektor 2, který má ve svém středu otvor 1 pro odvod zpracovávaného plynu. Polohu posuvného reflektoru 2 lze libovolně nastavit pomocí posuvného mechanismu 11 po celé délce výbojové komory 10. Ve vzdálenosti $\lambda/4$ od posuvného reflektoru 2, to je v uzlu akustického tlaku, je umístěn střed drátové elektrody 3 spojené vně výbojové komory 10 se zemním potenciálem. Tato drátová elektroda 3 kolmo vybíhá z roviny uzlu akustického tlaku v ose válcové výbojové komory. Drátová elektroda 3 je tvořena vodičem kruhového průřezu umístěným v ose válcové výbojové komory 10 rezonátoru, jehož střed leží proti středu vícejehlové elektrody 4. Délka vodiče drátové elektrody 3 v ose válcové výbojové komory 10 je větší než dvojnásobek šířky vícejehlové elektrody 4 a jeho průměr je alespoň desetkrát menší než vnitřní průměr válcové výbojové komory 10. Druhá elektroda je vícejehlová elektroda 4 a je situována symetricky naproti středu drátové elektrody 3 a je tvořena řadou jehel, umístěných v rovině, která prochází osou válcové komory 10, tedy v rovině kolmé k rovině uzlu akustického tlaku. Tyto jehly jsou od drátové elektrody 3 přibližně stejně vzdálené a mohou být vůči ní na kladném nebo na záporném potenciálu, vždy ale na opačném potenciálu. Jehly jsou společné elektricky vodivé připojeny přes společný odpor 5 s vysokonapětovým zdrojem 6. Vstup zpracovávaného plynu je tvořen přívodem 8, který je do prostoru výbojové komory 10 vyústěn pod drátovou elektrodou 3 a vícejehlovou elektrodou 4. Jinou variantou je, že jehly vícejehlové elektrody jsou duté a jsou vyústěny vně komory společným přívodem, který tvoří vstup zpracovávaného plynu. Zpracováváný plyn je tedy vhodné přivádět do výbojového prostoru pod soustavou elektrod přívodem 8 nebo pomocí vícejehlových elektrod přívodem 9 a po zpracování jímat otvorem 1 v reflektoru 2.

Podstata činnosti uvedeného uspořádání spočívá v tom, že elektrický výboj, vzniklý důsledkem vysokého napětí přivedeného přes společný odpor 5 ze svorky vysokonapětového zdroje 6 k soustavě jehel vícejehlové elektrody 4 a hořící mezi jejich hroty a drátovou elektrodou 3, je akustickou vlnou termálně chlazen a prostředí v němž hoří je homogenizováno unášením ionizovaných částic prostředím akustickou vlnou s rychlostí, která má ve směru kolmém k rovině uzlu akustického tlaku největší velikost a v každé půl-periodě mění svůj směr ve směr opačný. Zároveň gradient akustického tlaku ve směru kolmém k rovině uzlu periodicky mění svou velikost a směr. Dráha výboje je tak na základě Meeksova kritéria posouvána do oblastí s nižším výsledným tlakem. Dochází tak k synergii účinků dvou fyzikálních veličin na výboj – akustické rychlosti a akustického tlaku. Zpracováváný plyn je do prostoru výboje vpouštěn pomocí přívodu 8. Při malých průtocích je z hlediska zvýšení účinnosti působení výboje na zpracováváný plyn výhodné realizovat vícejehlové elektrody 4 pomocí dutých jehel a zpracováváný plyn do komory zařízení přivádět těmito jehlami pomocí společného přívodu 9. Z toho tedy plyne, že popisované zařízení může mít pro vstup plynu jak přívod 8, tak i společný přívod 9, avšak vždy se použije podle situace jen jeden z nich. Stojaté akustické pole je v prostoru výbojové komory 10 vytvořeno elektroakustickým zdrojem 7, například reproduktorem, a je vyladěno posuvným reflektorem 2, čímž se z výbojové komory 10 stane rezonátor násobící velikosti akustických rychlostí a tlaků.

Na Obr. 2a, 2b a 2c jsou snímky výbojů mezi zápornou vícejehlovou elektrodou 4, zde 3-jehlovou, a drátovou elektrodou 3 v ose rezonátoru v závislosti na zvyšujícím se akustickém tlaku při frekvenci 500 Hz a konstantním stejnosměrným napětí $U_S = -25$ kV. Na obr. 2a je situace při hodnotách $P = 0$ Pa, $U_D = -2,7$ kV, kde P je amplituda akustického tlaku a U_D je stejnosměrné

napětí mezi vícejehlovou elektrodou 4 a drátovou elektrodou 3. Tyto hodnoty jsou na Obr. 2b $P = 1210 \text{ Pa}$, $U_D = -4,5 \text{ kV}$ a na Obr. 2c $P = 5380 \text{ Pa}$, $U_D = -7,5 \text{ kV}$. Je demonstrován tvar a struktura stabilizovaného výboje v navrhovaném uspořádání bez působení akustického pole, Obr. 2a, a při zvyšujícím se akustickým tlaku, Obr. 2b, a Obr. 2c.

Je vidět, že bez působení akustického pole se výboj uzavírá pouze z jednoho hrotu, který má vůči společné elektrodě nejvyšší gradient elektrického pole a který brzy přechází do jiskry. Při maximálním akustickém buzení výboj hoří stabilně ze všech tří hrotů elektrody.

Za účelem studia ovlivňování výboje v rezonátoru spočívajícím v interakci výboje s oscilacemi akustických výchylek a tlaku v ionizační oblasti výboje bylo vytvořeno experimentální zařízení, odpovídající schématu na Obr. 1. V tomto uspořádání byla vzdálenost mezi ocelovými jehlami vícejehlové elektrody 4 o vnějším průměru 1,2 mm a vnitřním průměru 0,8 mm a drátovou elektrodou 3 o průměru 1,6 mm a vzdálenost sousedních jehel 4 mm. Akustické pole bylo buzeno elektroakustickým měničem BMS 4591 z generátoru Agilent 33250A jehož výkon byl znásoben pomocí zesilovače Mackie M 1400. V uzlu akustického tlaku dosahovaly akustické rychlosti amplitud kolem 10 m/s při pracovní frekvenci 500 Hz.

Uvedené uspořádání s drátovou elektrodou 3 v ose rezonátoru umožňuje umístit další vícejehlové elektrody 4 symetricky k rovině uzlu akustického tlaku kolem obvodu rezonátoru. Hroty těchto vícejehlových elektrod 4 mají stejnou vzdálenost k drátové elektrodě 3. Příklad umístění dvou takových tří-jehlových elektrod 4 vůči drátové elektrodě 3 v ose rezonátoru je ukázán v Obr. 3, a fotografie výbojů při nulovém a zvyšujícím se akustickému tlaku na Obr. 4 a, b, c, přičemž se jedná o stejné nastavené hodnoty jako u Obr. 2a, b, c.

Průmyslová využitelnost

Působením stojatých akustických vln generovaných v rezonátoru na prostředí ionizované vícekanálovým výbojem vytvořeným ve víceelektrodovém systému lze dosáhnout synergického jevu, který přináší nové perspektivy pro uplatnění v environmentálních aplikacích jako je například generace ozónu, rozklad oxidů dusíku a rozklad těkavých organických uhlovodíků.

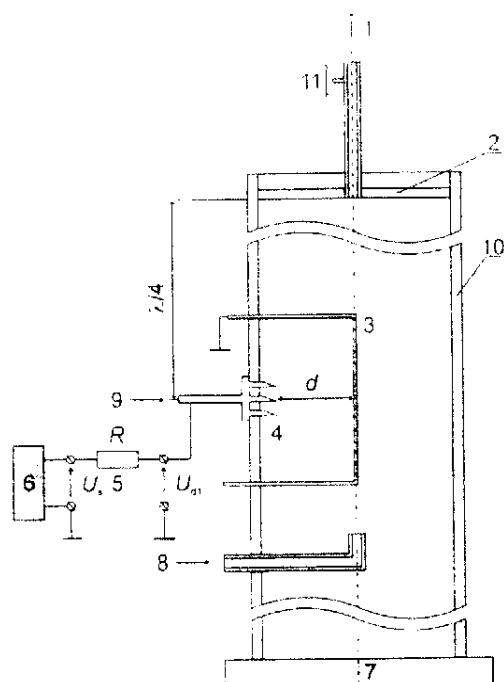
PATENTOVÉ NÁROKY

1. Akustický rezonátor kombinovaný s elektrickými výboji je tvořen výbojovou komorou (10) opatřenou přívodem (8) zpracovávaného plynu do výbojové komory (10) je z jedné strany zaústěn zdroj (7) akustických vln a z druhé strany posuvný reflektor (2), který má ve svém středu otvor (1) pro odvod zpracovávaného plynu a který je spojen s posuvným mechanismem (11) pro libovolné nastavení jeho polohy po celé délce výbojové komory (10), a dále je akustický rezonátor tvořen uzemněnou vodivou elektrodou zaústěnou do výbojové komory (10) a spojenou s jedním potenciálem a vícejehlovou elektrodou (4) tvořenou soustavou jehel spojených s opačným potenciálem, kde střed vícejehlové elektrody (4) je umístěn ve výbojové komoře (10) ve vzdálenosti ($\lambda/4$) od posuvného reflektoru (2), tedy v uzlu akustického tlaku, a všechny tyto jehly jsou elektricky vodivě připojeny přes společný otvor (5) s vysokonapětovým zdrojem (6), **v y z n a -**
č u j í c í s e t í m, že výbojová komora (10) je válcová a uzemněná vodivá elektroda je drátová elektroda (3) elektricky spojená se zemním vodičem vně výbojové komory (10) a je tvořena vodičem kruhového průřezu umístěným v ose válcové výbojové komory (10) rezonátoru, jehož střed leží proti středu vícejehlové elektrody (4), přičemž jeho délka v ose válcové výbojové komory (10) je větší než dvojnásobek šířky vícejehlové elektrody (4) a jeho průměr je alespoň desetkrát menší než vnitřní průměr válcové výbojové komory (10).

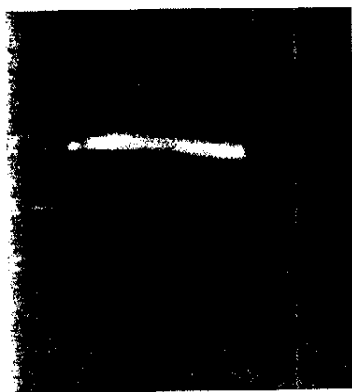
2. Akustický rezonátor podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že kolem obvodu válcové výbojové komory (10) válcového rezonátoru symetricky k rovině uzlu akustického tlaku je umístěn libovolný počet dalších vícejehlových elektrod (4), jejichž hroty mají stejnou vzdálenost k drátové elektrodě (3).

10

2 výkresy



OBR. 1



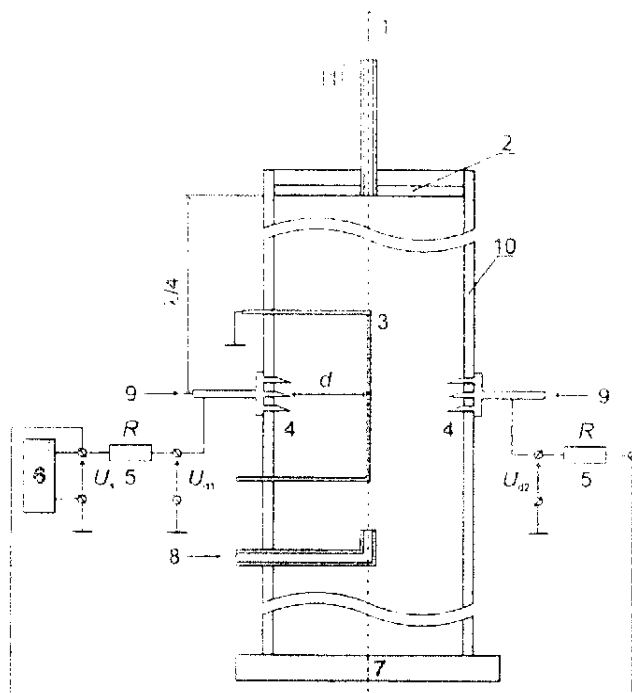
OBR. 2a



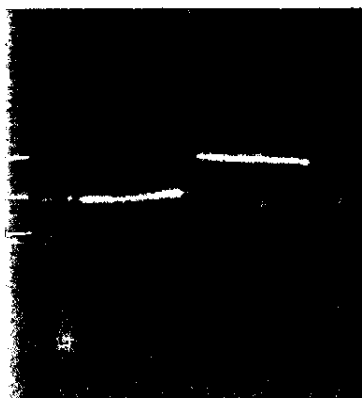
OBR. 2b



OBR. 2c



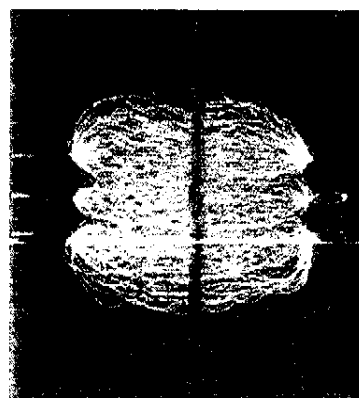
OBR. 3



OBR. 4a



OBR. 4b



OBR. 4c

Konec dokumentu