

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

307 169

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G01J 3/02 (2006.01)

G01J 3/18 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2016-661**
(22) Přihlášeno: **21.10.2016**
(40) Zveřejněno: **14.02.2018**
(Věstník č. 7/2018)
(47) Uděleno: **03.01.2018**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **14.02.2018**
(Věstník č. 7/2018)

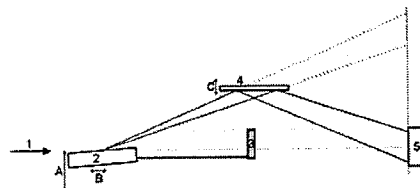
(56) Relevantní dokumenty:

DE 19927325 A; US 4553253 A; EP 1882916 A.

(73) Majitel patentu:
Fyzikální ústav AV ČR, v. v. i., Praha 8, CZ

(72) Původce:
Ing. Jaroslav Nejdrl, Ph.D., Dolní Břežany, CZ

(74) Zástupce:
CITT, Fyzikální ústav AV ČR, Karel Bauer, Na
Slovance 1999/2, 182 21 Praha 8



(54) Název vynálezu:
**Kompaktní systém pro charakterizaci
spektra a profilu intenzity svazku
krátkovlnného záření**

(57) Anotace:
Vynález se zabývá kompaktním systémem provozovaným v režimu spektrální charakterizace svazku nebo v režimu monitorování intenzitního profilu, který obsahuje: difrakční element; stínítko (3), které je mechanicky svázáno s difrakčním elementem, přičemž stínítko (3) v režimu spektrální charakterizace blokuje průchod svazku v příchozím směru (1); zařízení pro mechanický posuv stínítka (3) a difrakčního elementu, přičemž toto zařízení je schopno posuvu jak v transverzálním směru (A), tak i ve směru longitudinálním (B); reflexní element a fixně umístěný detektor (5), který leží na optické ose příchozího svazku (1). Kompaktní systém má uplatnění v oblasti spektrometrie a diagnostiky intenzitního profilu svazku, zejména pak v oblasti XUV a měkkého RTG záření.

CZ 307169 B6

Kompaktní systém pro charakterizaci spektra a profilu intenzity svazku krátkovlnného záření

5 Oblast techniky

Uvedený vynález se týká charakterizace svazků elektromagnetického záření v části spektra od vakuového ultrafialového záření (VUV) až po rentgenové záření, tj. v rozsahu vlnových délek od řádově desetin nm (RTG) po stovky nm (VUV). Pomocí navrhovaného zařízení je možné určit
10 intenzitní profil charakterizovaného svazku a také jeho spektrum.

Dosavadní stav techniky

15 Existuje celá škála spektrometrů vhodných pro charakterizaci z oblasti spektra VUV až měkkého rentgenového záření, žádný ale neumožňuje sledování profilu dopadajícího svazku, proto je spektrometr většinou doplněn nebo nahrazen dalším detektorem určeným pro měření intenzitního profilu svazku. Použití dvou nezávislých detektorů je nákladné a může způsobit komplikace při
20 vyhodnocování získaných dat, neboť přesná vzájemná kalibrace detektorů může být poměrně náročná.

Za nejbližší stav techniky může být považován patentový dokument US 2012/0 154 902, který zmiňuje UV-XUV spektrometr jako součást komplexnějšího zařízení. Tento spektrometr obsahuje vstupní štěrbinu, která kolimuje XUV svazek přicházející z interakční komory; XUV reflexní
25 mřížku; a detektor k charakterizaci rozptýleného záření na mřížce, přičemž detektor může být polohově nastavitelný. Dokument rovněž zmiňuje možnost rotace mřížky pro účely optimalizace dopadajícího svazku. Pod výše uvedeným pojmem charakterizace rozptýleného záření chápe odborník v oboru popis rozloženého záření podle vlnové délky. Tento koncept spektrometru je znám odborníkovy v oboru, avšak neřeší otázku monitorování profilu intenzity záření bez vzá-
30 jemné kalibrace dvou zařízení.

Příhláška vynálezu US 2013/0 107 899 se zabývá laserovým zařízením obsahující, kromě jiného, spektrální detekční jednotku, což je pro odborníka v oboru známo jako spektrometr. Tato spektrální detekční jednotka může měřit spektrum laserového svazku. K celkové spektrální charakterizaci svazku a charakterizaci střední hodnoty vlnové délky a její intenzity je však zapotřebí další
35 jednotka, označována jako kontrolér. Kontrolér a spektrální detekční jednotka jsou dva oddělené systémy, které jsou elektronicky spojeny a musí tak dojít k jejich vzájemné kalibraci. Navíc, v tomto dokumentu je popsáno a obrázky rovněž referují na fakt, že pro účely získání informace o intenzitě svazu a spektra svazku jsou zapotřebí dva rozdílné detektory. Jeden energetický detektor (senzor) pro účely získání informace o intenzitě a druhý pro spektrální charakterizaci. Další
40 nevýhodou takovéto konfigurace je nutnost dělení svazku, přičemž jen část intenzity svazku pokračuje do energetického senzoru a druhá část se používá pro účely spektrální analýzy. V tomto konkrétním případě se ke spektrální analýze může využívat mřížka, avšak ke kolimaci svazku na mřížku je zapotřebí konkávního zrcadla, což představuje další komponentu, která může představovat
45 potenciální nepřesnost v měření.

Příhláška vynálezu US 2013/0 170 508 se zabývá aparátem na generování UV světla. Podobně jako u příhlášky vynálezu US 2013/0 107 899 popsané výše, technické řešení obsahuje konfiguraci optických komponent, které nutně vyžadují kalibraci, vyžaduje dělení svazku a pro účely
50 charakterizace intenzity a spektra svazku obsahuje dva nezávislé detektory (senzory).

Příhláška vynálezu US 2014/0 374 605 se zabývá, mimo jiné, generátorem EUV (extreme ultra-violet) svazku. Příhláška referuje jen na měřicí jednotku umístěnou v optické cestě svazku pro účely detekce profilu svazku.

55

Podstata vynálezu

Předkládaný vynález poskytuje technické řešení pro měření spektra záření a intenzitního profilu svazku za použití jediného kompaktního systému. Vynález rovněž představuje metodu spektrální charakterizace a určení intenzitního profilu krátkovlnného svazku pomocí tohoto systému.

Kompaktní systém obsahuje difrakční element. Ve výhodném provedení je difrakčním elementem konkávní reflexní mřížka s proměnnou periodou vrypů (někdy též nazývaná mřížka se sníženou aberací, nebo mřížka zobrazující do roviny), která úhlově rozdělí spektrální složky záření a fokusuje tyto složky na detektor. V dalším výhodném provedení může být difrakčním elementem krystal.

Kompaktní systém dále obsahuje stínítko, které blokuje průchod svazku, který na mřížku nedopadá. Tato mřížka je navíc mechanicky svázána se stínítkem.

Součástí tohoto systému je reflexní element. Ve výhodném provedení je reflexním elementem rovinné zrcadlo, které slouží k odrazení úhlově rozmiřnutých složek svazku na detektor. V dalším výhodném provedení je toto zrcadlo pokryto speciální vrstvou pro zvýšení jeho odrazivosti v daném spektrálním rozsahu. Příkladem takové vrstvy může být několik desítek nanometrů silná vrstva zlata nebo platiny.

Kompaktní systém dále obsahuje fixně umístěný detektor určený jak pro detekci spektrální charakteristiky svazku, tak pro charakterizaci intenzitního profilu svazku. Ve výhodném provedení je detektorem rentgenová kamera na principu CCD, nebo jiný vhodný typ komerčně dostupného nebo speciálně vyvinutého detektoru daného typu záření. Tento detektor je umístěn na optické ose příchozího svazku.

Předkládaný vynález může dále obsahovat mechanické nebo motorizované posuvy pro přechod z režimu určování spektra do režimu měření intenzitního profilu a zpět a pro optimalizaci spektrometru.

V závislosti na výše zmíněných jednotlivých komponentech může systém pracovat pro spektrální oblasti od rentgenového záření (vlnové délky od desetin nm). Horní mez vlnové délky teoreticky neexistuje, ale primárním cílem je charakterizovat záření s vlnovou délkou kratší než 200 nm.

Výhodou tohoto vynálezu je možnost pracovat ve dvou režimech. Pomocí sestavy výše zmíněných komponent jednoho systému, resp. zařízení, jsme schopni určit jak spektrum VUV (RTG) záření, tak i jeho intenzitní profil. Zařízení umožňuje dva režimy operace (přechod mezi těmito režimy umožňuje posuv naznačený písmenem A z obr. 1 a obr. 2):

1) Spektrometrický režim (obr. 1): Difrakční element umístěný na ose svazku (za pomoci posuvu A) zobrazuje a spektrálně rozmiřtá zdroj záření v jednom směru. Reflexní element slouží k nasměrování paprsků na detektor a zároveň ke změně spektrálního rozsahu detekovaného záření (prostřednictvím posuvu C). S difrakčním elementem je mechanicky spojeno stínítko, které slouží k odstínění části přímého svazku, která by jinak dopadla na detektor a snížila tak kvalitu detekovaného spektra. Posuv difrakčního elementu podél směru příchozího svazku (posuv B) umožňuje zaostření obrazů zdroje v daném spektrálním rozsahu.

2) Režim měření intenzitního profilu svazku (obr. 2): Odsunutím difrakčního elementu a stínítka z osy příchozího svazku dopadá tento přímo na detektor, čímž je možné určit intenzitní profil dopadajícího svazku

Objasnění výkresů

Obr. 1 představuje schématické uspořádání jednotlivých součástí vynálezu v režimu měření spektrálního obsahu svazku.

5 Obr. 2 představuje schématické uspořádání jednotlivých součástí vynálezu v režimu měření intenzitního profilu svazku. Prvky jsou označeny shodně jako u obr. 1.

Obr. 3 představuje příklad provedení experimentu s dopadajícím polychromatickým svazkem XUV záření.

10 Obr. 4 představuje výsledky spektroskopického měření (liché vysoké harmonické frekvence 43. až 85. Ti:Safírového laseru generované v heliu).

Obr. 5 představuje intenzitní profil téhož svazku jako u obr. 4.

Příklady uskutečnění vynálezu

15

Příklad 1

20 Zařízení bylo zkonstruováno za účelem určení spektra a intenzitního profilu svazku vysokých harmonických frekvencí generovaných interakcí intenzivního femtosekundového laseru s plyným prostředím v badatelském centru PALS (společná laboratoř FzÚ a ÚFP AV ČR).

25 Na obrázku 3 je znázorněn náčrtek sestavy komponent vynálezu v režimu měření spektra v rozsahu 20 až 40 nm. Příchozí svazek záření ve směru 1 dopadá na reflexní mřížku 2, kde se svazek záření rozkládá podle vlnových délek. Pro účely experimentu byla použita reflexní mřížka 2 „Hitachi 001-0437“ s pozlaceným povrchem a střední hustotou vrypů 1200 čar/mm nastavená na klouzavý úhel dopadu 4,5 stupně.

30 Rozložené záření pak směřuje na rovinné zrcadlo 4 s průměrem 5 cm povrstvené zlatem pro vyšší reflektivitu, kde se jednotlivé komponenty monochromatického záření odrážejí dle zákona odrazu. Odražená monochromatická komponenta světla je směřována na detektor 5 s prostorovým rozlišením. Detektor 5 tvořila rentgenová CCD kamera „Andor ikon-L 936“. Stínítko 3 v tomto případě slouží k pohlcení části příchozího svazku ve směru 1, která se nedifraktovala na reflexní mřížce 2. Výsledná spektroskopická charakteristika záření je zobrazena na obr. 4. Na tomto ob-
35 rázku jsou vidět vysoké harmonické frekvence. H43 odpovídá 43. harmonické frekvenci laseru o vlnové délce $810/43 \text{ nm} = 18,8 \text{ nm}$, H85 pak 85. harmonické frekvenci o vlnové délce 9,5 nm.

40 Obr. 2 ukazuje sestavu komponent pro účely monitorování intenzitního profilu svazku. Do tohoto režimu jsme se dostali mechanickým posuvem reflexní mřížky spojené se stínítkem posuvem A. Příchozí svazek ve směru 1 se nechal dopadat na detektor 5, přičemž detektor 5 byl ten samý jako v předchozím případě tj. rentgenová CCD kamera „Andor ikon-L 936“. Výsledný intenzitní profil svazku je zobrazen na obr. 5.

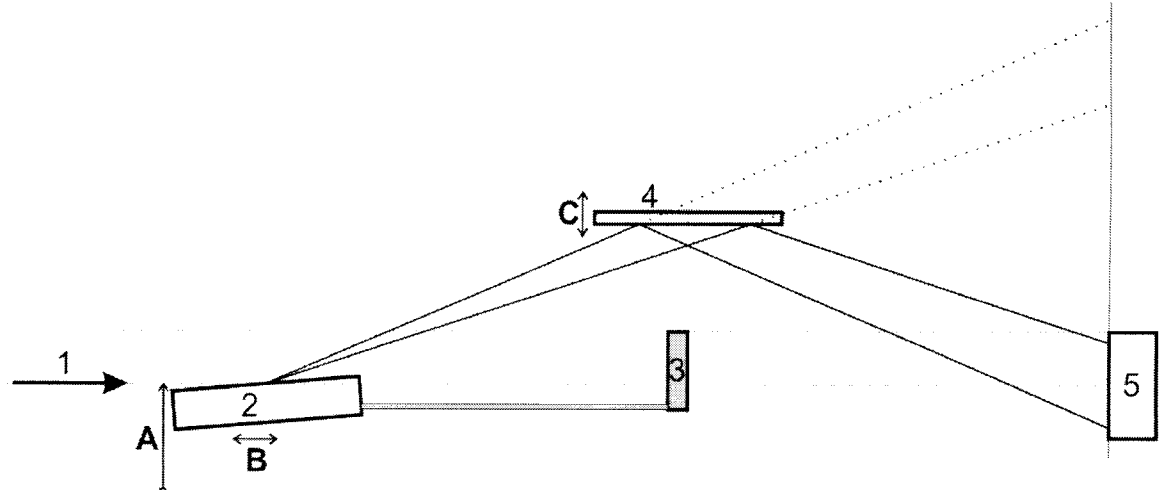
45 Průmyslová využitelnost

Zařízení a metodu, podle vynálezu, lze použít pro efektivní spektrální a intenzitní charakterizaci svazku, zejména pak v oblasti XUV a RTG záření.

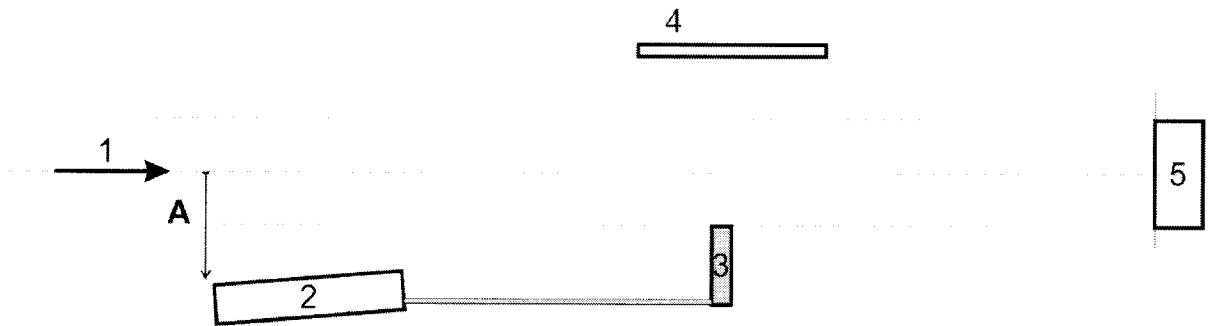
PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Kompaktní systém provozovaný v režimu spektrální charakterizace svazku nebo v režimu monitorování intenzitního profilu, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že obsahuje: difrakční element;
- stínítko (3), které je mechanicky svázáno s difrakčním elementem, přičemž stínítko (3) je
10 v režimu spektrální charakterizace blokující průchod svazku v příchozím směru (1);
- zařízení pro mechanický posuv stínítka (3) a difrakčního elementu, přičemž řečené zařízení je schopno posuvu jak v transversálním směru (A), tak i ve směru longitudinálním (B);
- 15 reflexní element (4) a;
- fixně umístěný detektor (5), který leží na optické ose svazku příchozího směru (1).
2. Kompaktní systém podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že difrakční element je spektrální složky záření úhlově rozdělující a současně fokusující konkávní reflexní mřížka (2) s proměnnou periodou vrypů.
3. Kompaktní systém podle kteréhokoliv z výše uvedených nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že reflexní element je rovinné zrcadlo (4) pokryté vrstvou pro zvýšení jeho odrazivosti.
- 25 4. Kompaktní systém podle kteréhokoliv z výše uvedených nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že fixní detektor (5) je RTG kamera na principu CCD.
5. Kompaktní systém podle kteréhokoliv z výše uvedených nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zařízení pro mechanický posuv je automatizováno.
- 30 6. Kompaktní systém podle kteréhokoliv z výše uvedených nároků, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že reflexní element (4) lze posouvat ve směru transversálním (C) na směr (1) příchozího svazku.
- 35 7. Kompaktní systém podle kteréhokoliv z nároků 3 až 6, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že pro spektrální oblast 1 až 200 nm je difrakčním elementem konkávní reflexní mřížka (2) s pozlaceným povrchem a střední hustotou vrypů 1200 čar/mm nastavenou na klouzavý úhel dopadu 4,5° a rovinné zrcadlo (4) je provrstvené zlatem.
- 40 8. Použití zařízení dle kteréhokoliv z předcházejících nároků pro stanovení intenzitního profilu a spektrální charakteristiky svazku.
- 45

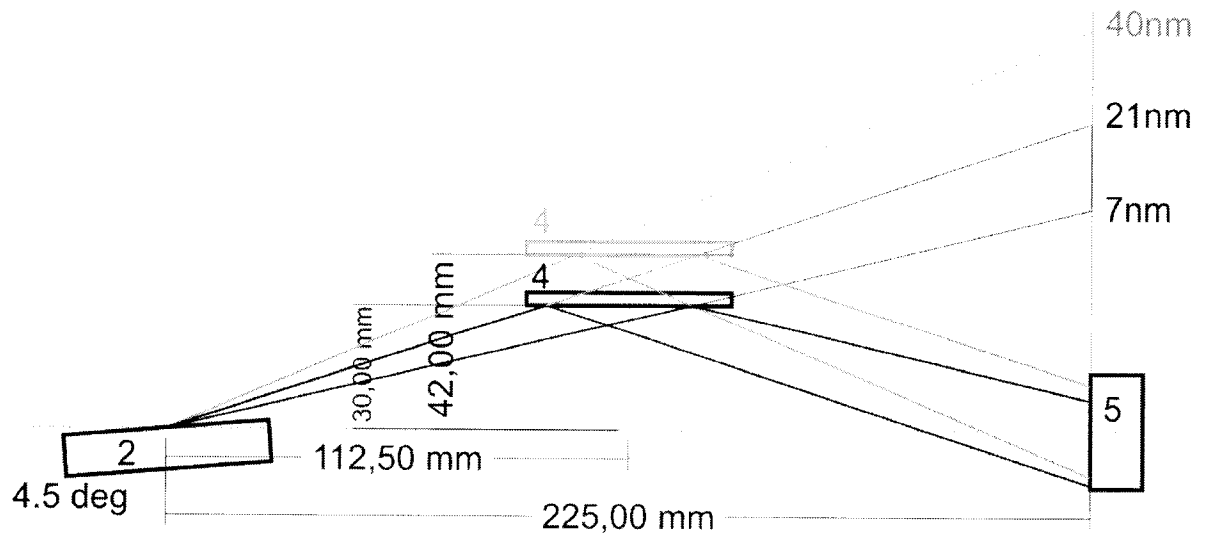
2 výkresy



Obr. 1

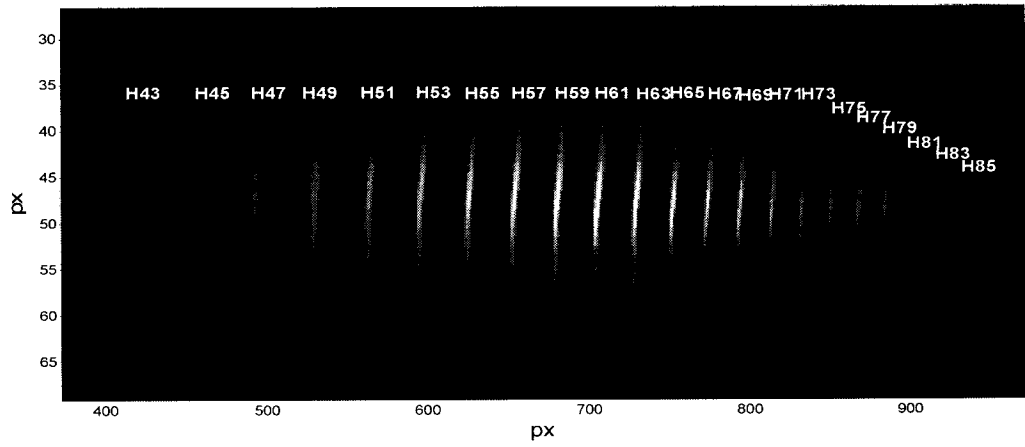


Obr. 2

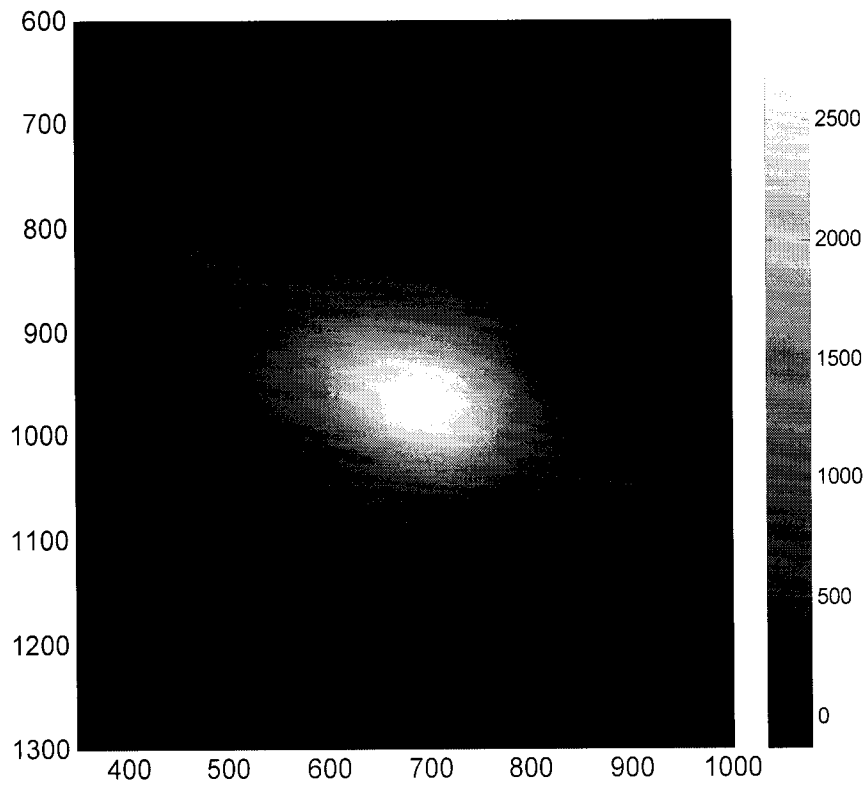


5

Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5