



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **71634** (13) **U**
(51) МПК (2012.01)
C23C 28/00
G01N 23/083 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

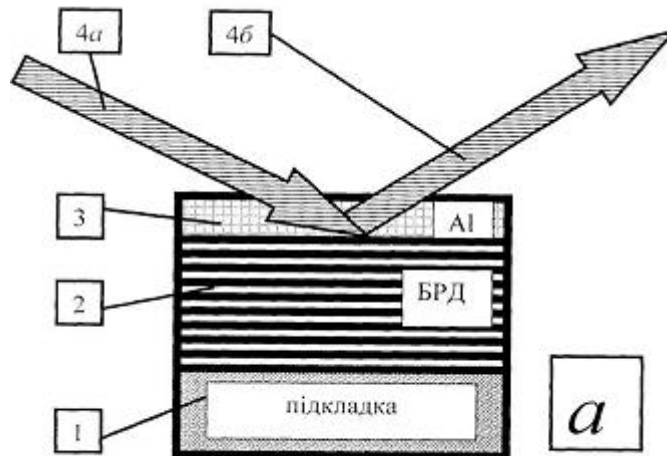
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2011 14438	(72) Винахідник(и): Копилець Ігор Анатолійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 06.12.2011	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ "ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ", вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.07.2012	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.07.2012, Бюл.№ 14	

(54) ДИСПЕРСІЙНИЙ ПРИСТРІЙ М'ЯКОГО РЕНТГЕНІВСЬКОГО ДІАПАЗОНУ

(57) Реферат:

Дисперсійний пристрій м'якого рентгенівського діапазону, що складається з підкладки, багат шарового рентгенівського дзеркала і тонкошарового фільтра. Тонкошаровий фільтр розташований на поверхні багат шарового рентгенівського дзеркала у вигляді покриття.



Фіг. 1

UA 71634 U

Корисна модель належить до галузі приладобудування, зокрема до дисперсійного пристрою на основі багатошарових рентгенівських дзеркал (БРД), що працюють в рентгенівських спектрометрах при флуоресцентному хімічному аналізі в діапазоні довжин хвиль м'якого рентгенівського випромінювання (0,4-20,0 нм). Вона може бути використана при удосконаленні
5 рентгенівських спектрометрів, квантометрів та поліхроматорів.

Відомий дисперсійний пристрій для виділення аналізованої смуги рентгенівського спектра на основі фільтрів, зібраний за схемою так званого диференційного детектора [1], який складається з селективного фільтра і вторинного випромінювача. Досліджуване проміння, пройшовши через селективний тонкошаровий фільтр, потрапляє на випромінювач. Як матеріал
10 випромінювача зазвичай використовують хімічний елемент з атомним номером на одиницю меншим, ніж атомний номер елемента фільтра. Проміння з енергією, вищою за потенціал збудження матеріалу фільтра, затримується тонкошаровим фільтром, а з енергією, нижчою за потенціал збудження випромінювача, не поглинається випромінювачем. Лише проміння, що лежить між потенціалами збудження тонкошарового фільтра і випромінювача, викликає
15 флуоресценцію випромінювача, яка реєструється детектором. Аналізована смуга рентгенівського спектра лежить між краями поглинання фільтра і випромінювача. Недоліком такого пристрою є відносно низька селективність ($\Delta\lambda$). Смуга пропускання рентгенівського спектра може бути вузькою лише в обмежених випадках, оскільки задається обмеженим набором країв поглинання існуючих хімічних елементів. Крім того, такий дисперсійний пристрій
20 має слабку світлосилу.

Помітного покращання селективності можна досягти при використанні замість фільтрів багатошарових молекулярних структур (БМС) [2], відомих також як плівки Ленгмюра-Блоджетт. Вони є багатошаровим покриттям солей довголанцюгових карбонових кислот, на кінцях яких висаджені атоми важких металів. Періоди таких БМС досягають 6-8 нм, що дозволяє їх
25 використовувати в області м'якого рентгенівського діапазону з довжинами хвиль $\lambda < 10$ нм. Роздільна здатність, $\lambda/\Delta\lambda$, у таких пристроях перевищує 100. Недоліком БМС є відносно невисока відбивна здатність (в середньому менша 10 %) як пікова, так і інтегральна. Крім того, під впливом рентгенівського проміння і вологи вони схильні до деградації.

Багатошарові рентгенівські дзеркала (БРД) мають вищу відбивну здатність (як правило >40
30 %) і стабільніші до зовнішніх дій: опромінення, вологи і навіть помірного нагріву (100-200 °C) [3]. До того ж на відміну від БМС, де періодичність визначається довжиною органічних молекул, вибір яких обмежений, період БРД можна плавно задавати в широкому діапазоні з точністю $\sim 0,1$ нм, і, таким чином, точніше підстроїтися під конструктивні особливості конкретного приладу. Недоліком БРД є відносно невисока селективність (<100), що пов'язано з їхньою високою
35 інтегральною відбивною здатністю.

Щоб підвищити селективність БРД, їх використовують в комбінації з тонкошаровими фільтрами [4]. Як правило, тонкошаровий фільтр являє собою одно-, і двошарову плівку завтовшки до 1 μm , що перебуває у вільному стані або розташована на підтримуючій
40 тонкоплівковій основі у вигляді полімерної сіточки або мембрани. Тонкошаровий фільтр відсікає, як правило, жорстку частину рентгенівської смуги, пропущеної БРД. Недоліком такого дисперсійного пристрою є складність виготовлення тонкошарового фільтра: необхідна наявність спеціального обладнання для осадження тонких шарів матеріалів; потрібно вирішувати проблему механічної напруги в тонких шарах, адгезії, окислення; інколи виникає проблема герметичності або прозорості полімерної основи.

Задачею корисної моделі є спрощення та здешевлення дисперсійного пристрою для рентгенівського діапазону за рахунок зменшення числа конструктивних елементів.

Поставлена задача розв'язується тим, що в дисперсійному пристрої м'якого рентгенівського діапазону, який складається з підкладки, багатошарового рентгенівського дзеркала і тонкошарового фільтра, тонкошаровий фільтр розташований на поверхні багатошарового
50 рентгенівського дзеркала у вигляді покриття.

Суть корисної моделі полягає в тому, що тонкошаровий фільтр розташовують не окремо в оптичному каналі рентгенівського спектрального приладу, а на поверхні багатошарового рентгенівського дзеркала у вигляді покриття. В цьому випадку немає необхідності виготовляти додаткову оснастку і тонкоплівкову основу, оскільки в пропонованому винаході само БРД виконує обидві ці функції. За наявності в установці для виготовлення БРД трьох джерел речовини, фільтруючий шар може бути нанесений в одному технологічному циклі разом з виготовленням рентгенівського дзеркала.

Нижче наведений приклад, який ілюструє ефект від зміни конструкції дисперсійного пристрою відповідно до пропонованого винаходу.

На фіг. 1 показане схематичне зображення пропонованого дисперсійного пристрою, призначеного для аналізу вмісту алюмінію в кремнієвій матриці. Він складається з нанесеного на підкладку 1 (пластина кремнію) багат шарового рентгенівського дзеркала 2, виготовленого на основі пар матеріалів W/Si (період 2,25 нм, число періодів 250), і тонкошарового фільтра 3 з алюмінію (завтовшки ~ 250 нм), осадженого на поверхню БРД. Алюмінієвий фільтр призначений для послаблення кремнієвої спектральної лінії. Дія фільтра призводить до пониження фону. У пропонованому пристрої фільтрація конструктивно здійснюється двічі: у падаючому рентгенівському пучку 4а і у відбитому пучку 4б (фіг. 1). Фільтрація у відбитому пучку 4б додатково понижує фон, спричинений флюоресценцією шарів кремнію в БРД W/Si, яка виникає за рахунок розсіяного на досліджуваній пробі збуджуючого проміння від рентгенівської трубки з родієвим анодом. На фіг. 2 праворуч від БРД зображена конструкція фільтра, використовувана у відомих дисперсійних пристроях [5]. Вона складається з рамки-тримача 5, полімерної прозорої основи 6 і тонкошарового металевого фільтра 7. У відомих дисперсійних пристроях тонкошаровий фільтр може розташовуватися або у вхідному каналі 4а спектрометра, або у вихідному - 4б (фіг. 2). Послаблення фонового сигналу від кремнієвих шарів БРД можливо лише при розташуванні тонкошарового фільтра у вихідному каналі спектрометра. Якщо в спектрометрі це конструктивно не передбачено, то фонове випромінювання від БРД реєструватиметься рахунковим пристроєм, і граничні можливості приладу погіршуватимуться.

Як видно з фіг. 1, конструкція пропонованого пристрою істотно спрощується, оскільки тонкошаровий фільтр, що складається щонайменше з трьох елементів (позиції 5, 6 і 7 на фіг. 2), замінюється на одношарове покриття (позиція 3 на фіг. 1). Оскільки немає спеціальних вимог до точності дотримання товщини фільтра-покриття на відміну від високих вимог до осадження самого багат шарового рентгенівського дзеркала, при виготовленні якого необхідно контролювати товщину шарів з точністю $\sim 0,01$ нм, те осадження тонкошарового фільтра на поверхню БРД не становить особливих труднощів і практично мало впливає на собівартість пропонованого дисперсійного пристрою в порівнянні зі стандартним БРД.

Роздільної здатності БРД, як правило, досить для розділення характеристичних ліній хімічних елементів, що знаходяться в пробі. Проте в тих випадках, коли в області характеристичної лінії досліджуваного елемента створюється підвищений фон, викликаний або паразитним випромінюванням, або присутністю близькорозташованої характеристичної лінії від сусіднього елемента Періодичної таблиці (наприклад, Al-K α і Si-K α або Mg-K α і Al-K α та ін.), використання тонкошарового фільтра підвищує контрастність дисперсійного пристрою за рахунок пониження фону. Такі випадки відомі і тому можуть бути враховані на етапі виготовлення пропонованого дисперсійного пристрою шляхом підбору матеріалу фільтра.

У таблиці 1 показані результати випробування пропонованого дисперсійного пристрою як кристала-аналізатора в алюмінієвому каналі квантометра СРМ-25. Для порівняння було узяті 2 пристрої: стандартне БРД W/Si без покриття (БРД №1) і таке ж БРД з шаром Al завтовшки ~ 250 нм на поверхні (БРД №2). Як проба використовувалася пресована шайба з В₂О₃, яка містила 1 ваг. % Al в матриці. Інтенсивність корисного сигналу від такої проби, як видно з таблиці 1, становить декілька тисяч імпульсів в секунду і при використанні тонкошарового фільтра падає приблизно на 30 %, що пов'язано з поглинанням випромінювання Al-K α у алюмінієвому покритті. Для вимірювання фонові інтенсивності була використана проба, яка складалася з чистого В₂О₃ без будь-яких домішок. Фон, при використанні відомого і пропонованого пристрою, становить 32 і 18,5 имп./с, відповідно. Рівень фону для такої проби головним чином пов'язаний з випромінюванням не самої проби, а з розсіянням на пробі випромінювання від родієвої рентгенівської трубки. Контрастність і інтенсивність корисного сигналу задають нижню межу виявлення алюмінію. При дослідженні кремнієвої проби з 1 ваг. % Al фон зростає на порядок, і Al-фільтр завтовшки 250 нм знижує його приблизно в 9,5 разу. Таким чином ми можемо отримати покращену нижню межу виявлення алюмінію в кремнієвих пробах приблизно в 2 рази з тонкошаровим фільтром, розташованим на поверхні БРД, тобто без використання додаткових пристроїв.

Достоїнством пропонованого пристрою є також економія матеріалу фільтра (щонайменше в два рази), оскільки фільтроване випромінювання, як вказувалося вище, двічі проходить через фільтр (фіг. 1): під час падіння і відбиття рентгенівського пучка. Крім того, механічна напруга, яка може виникати в тонкошаровому фільтрі при його виготовленні, не так критична, оскільки тонкошаровий фільтр осаджується не на тонкошарову полімерну основу, а на масивне БРД, тобто додатково спрощується технологія виготовлення тонкошарового фільтра.

Джерела інформації:

1. Рентгенофлюоресцентный анализ, под ред. Н.Ф. Лосева (В.П. Афонин, Н.И. Комяк, В.П. Николаев, Р.И. Плотников); Новосибирск: Наука, 1991. - 173 с.

2. Зеркальная рентгеновская оптика, под ред. А.В. Виноградова (А.В. Виноградов, И.А. Брытов, А.Я. Грудский, М.Т. Коган, И.В. Кожевников, В.А. Слемзин). Л.: Машиностроение, 1989. - 463 с.

3. Yuriy Platonov, Luis Gomez and David Bradway, "Status of small d-spacing X-ray multilayer development at Osmic", Proceedings of SPIE, 2002, Vol. 4782, p. 152-159.

4. Yuriy Y. Platonov, Nikolai N. Salashchenko, Sergei V. Bobashev, Dmitrii M. Simanovski, L. A. Shmaenok, and S. Y. Zuev, "Multilayer mirrors and filters for soft x-ray spectroscopy of a high-temperature plasma", Proc. SPIE, 1994, Vol. 476, p. 476-488.

5. S. S. Andreev, Sergey V. Gaponov, Nikolai N. Salashchenko, E. A. Shamov, Leonid A. Shmaenok, Sergei V. Bobashev, Dmitrii M. Simanovski, and Eugene N. Ragozin, "Multilayer optics for X-ray and γ radiation", Proc. SPIE, 1998, Vol. 3406, p. 45-69.

Таблица 1

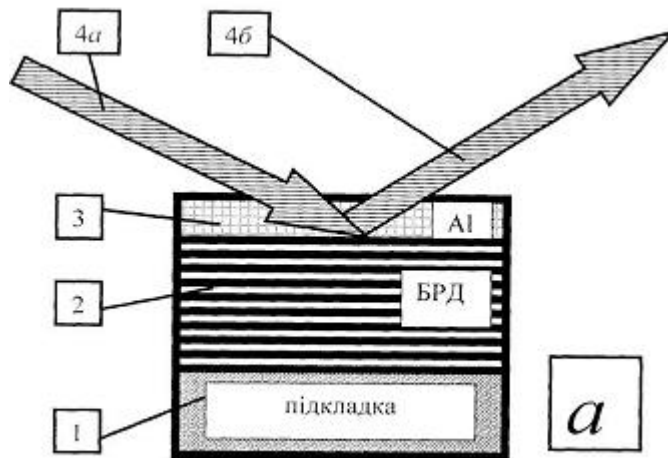
№БРД W/Si	Товщина Al фільтра, нм	Корисний сигнал (Al-K α), імп./с.	Фон, імп./с.	Контрастність
1	0	9096	32	283
2	250	6244	18,5	337

15

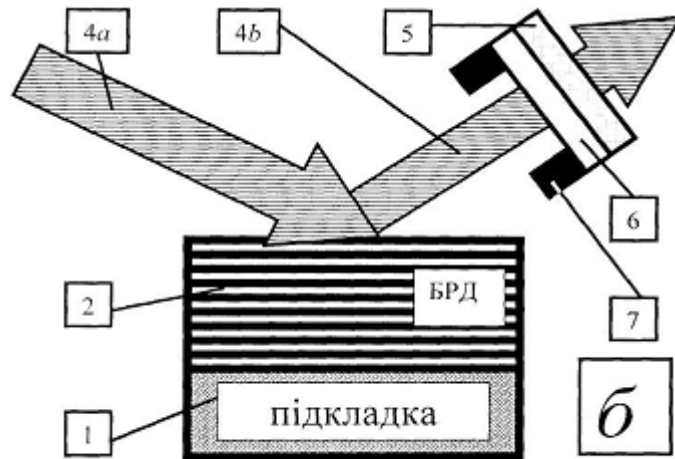
ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Дисперсійний пристрій м'якого рентгенівського діапазону, що складається з підкладки, багат шарового рентгенівського дзеркала і тонкошарового фільтра, який **відрізняється** тим, що тонкошаровий фільтр розташований на поверхні багат шарового рентгенівського дзеркала у вигляді покриття.

20



Фіг. 1



Фіг. 2

Комп'ютерна верстка А. Крулевський

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Урицького, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут промислової власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601