



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **146562** (13) **U**
(51) МПК (2021.01)
H01J 49/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2020 04710	(72) Винахідник(и): Шпеник Отто Бартоломійович (UA), Завілопуло Анатолій Миколайович (UA), Попик Тетяна Юріївна (UA), Ортіков Руслан Олегович (UA)
(22) Дата подання заявки: 24.07.2020	
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 04.03.2021	
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 03.03.2021, Бюл.№ 9	(73) Володілець (володільці): ІНСТИТУТ ЕЛЕКТРОННОЇ ФІЗИКИ НАН УКРАЇНИ, вул. Університетська, 21, м. Ужгород, 88017 (UA)

(54) ЕЛЕКТРОСТАТИЧНИЙ ЕЛЕКТРОННИЙ СПЕКТРОМЕТР - СПІРАТРОН

(57) Реферат:

Електростатичний електронний спектрометр - спіратрон - на основі циліндричного конденсатора, що містить електронну гармату, камеру зіткнень з досліджуваною речовиною та енергоаналізатор електронів, причому ввід і вивід електронів у коаксіальний циліндричний конденсатор здійснюють через циліндричні отвори у 45-градусних трикутних призмах на середній відстані між радіусами циліндрів під кутом 45° до напрямку електростатичного поля.

UA 146562 U

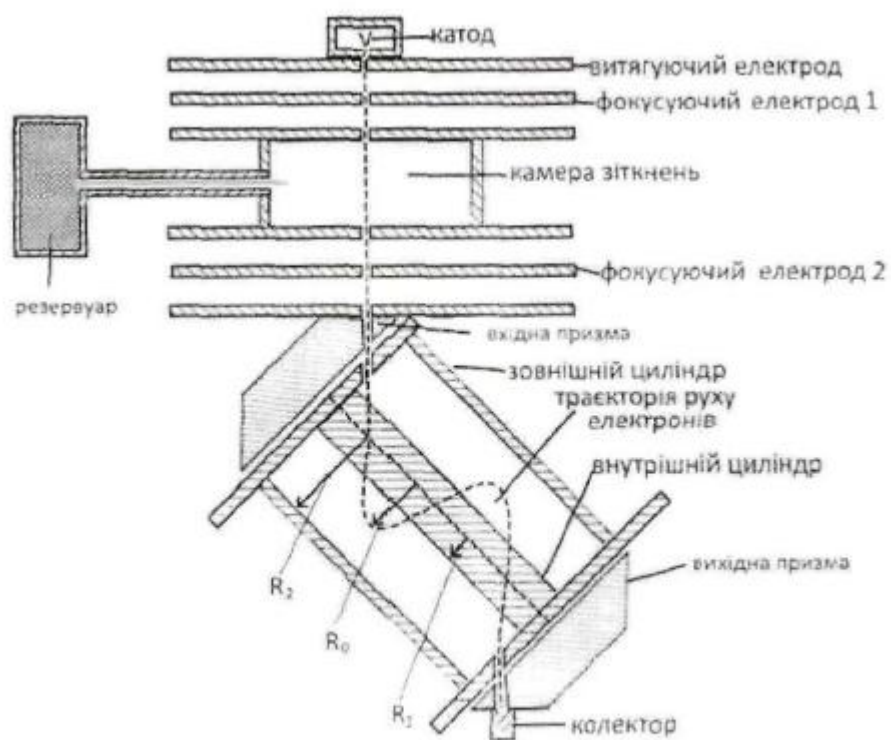


Fig. 1

На сьогоднішній день існує кілька основних типів електростатичних електронних спектрометрів, які використовуються для дослідження процесів взаємодії повільних електронів з атомними системами. Це електростатичні спектрометри з різними типами дефлекторів: циліндричним, сферичним, дефлектори з плоским, циліндричним та сферичним дзеркалами [1-4].

Аналогом запропонованого нами спектрометра є аналізатор з циліндричним дефлектором, описаний в [1]. Перевагами такого аналізатора є те, що пучок електронів прямокутного перерізу у деяких випадках є дуже зручним; проста геометрія конструкції полегшує виготовлення аналізатора, робить його юстування менш критичним і допускає застосування сітчастих електродів. Подібний принцип використаний і для спектрометрів, описаних у [3-6]. Проте одним з основних недоліків таких аналізаторів є відсутність об'ємного фокусування.

Найближчим аналогом спіратрона є 127-градусний електронний спектрометр, описаний в [3]. Він складається з електронної гармати, електронного монохроматора, електронної оптики та камери з досліджуваною речовиною. Такого типу спектрометри широко використовуються для дослідження процесів розсіювання електронів у газах та вивчення коливальних станів, адсорбованих молекул, поверхневих фононів, внутрішньозонних переходів і ролі плазмонів у характеристичних втратах у твердих тілах. Основним недоліком цього пристрою є прямокутна форма діафрагм, що ускладнює фокусування електронів на вхідну діафрагму аналізатора, а також складність його виготовлення.

За технічною суттю та результатами, які досягаються, він є найбільш близьким до того, що заявляється (спіратрона).

Корисна модель належить до пристроїв фізичної електроніки і атомної фізики. Він може бути використаний для дослідження процесів та явищ при зіткненнях електронів з атомами і молекулами у газовій фазі.

Принцип роботи електронних спектрометрів, індукуючим випромінюванням в яких є електрони, наступний. Електронна гармата емітує максимально монохроматизовані і колімовані електрони, які направляються на мішень (атоми, молекули, поверхня). Це основне призначення гармати. Після взаємодії з досліджуваною речовиною розсіяні електрони під певним кутом до напрямку первинного пучка потрапляють в енергоаналізатор, який завдяки високій дисперсійній здатності є основною частиною спектрометра. Дисперсія електронів за енергіями відбувається в поперечному електричному полі між обкладками циліндричного конденсатора.

Важливими перевагами представленого нами спектрометра є те, що для покращення фокусування електронів на вхідну діафрагму аналізатора отвори в електродах спіратрона не прямокутні, а круглі (циліндричні). Він має простішу конструкцію, легший у виготовленні і монтажі.

Задачею корисної моделі є розробка електронного енергоаналізатора на основі циліндричного конденсатора та створення спектрометра, який увібрав найкращі технологічні рішення і має високі технічні характеристики (монохроматичність, енергетичне розділення, пропускну здатність, співвідношення сигнал/шум).

Суть корисної моделі пояснюється кресленнями, де на Фіг. 1 зображено схему приладу: 1 - електрод, 2 - фокусуючий електрод, 3 - камера зіткнень, 4 - катод, 5 - резервуар, 6 - витягуючий електрод, 7 - вхідна призма, 8 - зовнішній циліндр, 9 - траєкторія руху електронів, 10 - внутрішній циліндр, 11 - вихідна призма, 12 - колектор.

На Фіг. 2 - фото його зовнішнього вигляду.

Електростатичний електронний спектрометр - спіратрон - складається з електронної гармати та енергоаналізатора. Гармата, в свою чергу, складається з джерела електронів (оксидного катода), витягуючого та фокусуючого електродів. Після цих електродів розміщена паронаповнена комірка - камера зіткнень, в якій відбувається зіткнення електронного пучка з атомами або молекулами досліджуваної речовини. За камерою зіткнень розташовано другий фокусуючий електрод та енергоаналізатор, який складається з двох коаксіальних циліндрів-електродів - зовнішнього і внутрішнього. Самі циліндри містяться між вхідним та вихідним 45-ти градусними призмоподібними електродами з круглими (циліндричними) отворами (вхідний: $r_{вх} = 0,5$ мм, вихідний: $r_{вих} = 0,6$ мм) для введення і виведення пучка електронів під кутом 45° . Отвори в електродах зроблені таким чином, що направляють пучок електронів по дотичній до осі циліндрів. Довжина циліндрів дорівнює $4.4 \times R_0$, де R_0 - середній радіус спіралі, по якій рухаються електрони ($R_0 = 5-10$ мм). За цих умов електрони, рухаючись спіральними траєкторіями, зміщуються на кут $2\pi/\sqrt{2}$, фокусуються і потрапляють у циліндричний конденсатор, який виконує роль аналізатора. На виході з аналізатора встановлено колектор (циліндр Фарадея) для вимірювання струму електронів.

Завдяки використанню металічних стержнів і ізолюючих втулок спектрометр представляє собою цілісну конструкцію. Циліндри з'єднуються з призмами болтами через керамічні втулки. Таким чином, крім простоти конструкції, забезпечується висока точність збірки приладу.

Принцип роботи спектрометра наступний. Електрони, емітовані з катода 4, витягуючим і фокусуючим електродом 1, 2 (див. фіг. 1) формуються у пучок, потрапляють у камеру зіткнень 3, що знаходиться під потенціалом "землі", і взаємодіють з досліджуваною речовиною. Після виходу з камери зіткнень через просвердлений у призмі 7 отвір сформований фокусуючим електродом 2 первинний електронний пучок і електрони, розсіяні вперед (на кут 0°), потрапляють у поле циліндричного конденсатора. Пролітаючи між обкладками циліндричного конденсатора, електрони рухаються по гвинтовій (спіральній) траєкторії і роблять поворот на 255° градусів. Потенціали, що подаються на пару призми і між обкладками конденсатора, задають енергію пропускання аналізатора.

На відміну від інших електростатичних енергоаналізаторів, в яких електрони вводяться поміж електроди конденсатора під прямим кутом до напрямку електричного поля конденсатора, у спіратроні електрони вводяться між обкладки конденсатора під кутом 45° до напрямку відхиляючого електричного поля. При цьому, рухаючись по гвинтовій траєкторії, при розвороті на кут $(2\pi/\sqrt{2})^\circ$ електрони з однаковою енергією фокусуються у межах невеликого тілесного кута. Таким чином, розміщуючи колектор під кутом розвороту $(2\pi/\sqrt{2})^\circ$ до осі первинного пучка, на виході отримаємо монохроматичний пучок. Змінюючи потенціал на вході конденсатора, можна отримати розподіл електронів за енергіями, тобто в цьому випадку спіратрон буде працювати як енергоаналізатор.

Було розроблено і виготовлено три варіанта спектрометра з середнім радіусом спіралі $R_0=5$ мм ($R_1=4$ мм, $R_2=6$ мм), $R_0=7,5$ мм ($R_1=6$ мм, $R_2=9$ мм), $R_0=10$ мм ($R_1=8$ мм $R_2=12$ мм). Найефективнішим виявився аналізатор з $R_0=7,5$ мм.

На Фіг. 3 і 4 показано типовий енергетичний розподіл електронів у пучку при різних значеннях прискорюючої енергії.

Особливістю енергоаналізатора є те, що електронний пучок, який аналізується після проходження камери зіткнень, вводиться в коаксіальний циліндричний конденсатор через круглий (циліндричний) отвір на середній відстані між радіусами циліндрів під кутом 45° до напрямку осі циліндрів. Це дозволяє сфокусувати електрони у межах невеликого тілесного кута і отримати монохроматичний пучок електронів. Пристрій відрізняється від найближчого аналога тим, що на вході і виході з конденсатора встановлено 45° -градусні призми з отворами циліндричної форми для транспортування електронів.

Перевагою пристрою перед найближчим аналогом є простота його конструкції, виготовлення і монтажу при високих технічних характеристиках (монохроматичності, енергетичному розділенні, пропусканні, співвідношенні сигнал/шум).

Джерела інформації:

1. Под редакцией Х. Ибаха. Применение электронной спектроскопии для анализа поверхности. - Рига: "Зинатне", 1980. - 315 с. - С. 54-58.

2. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. - М.: Мир, 1989. - 568 с.

3. M. V. Kurepa, "High Resolution Electron Spectroscopy", Vacuum, 37 (1-2) 3-20 (1987). DOI: 10.1016/0042-207X(87)90077-7.

4. Leslie P. Johnson, James D., Morrison Austin L. Wahrhaftig. Electrostatic electron energy analysers and the application of the cylindrical mirror system to the study of ionization efficiencies by electron impact. // International Journal of Mass Spectrometry and Ion Physics. Volume 26, Issue 1, January 1978, Pages 1-21. [https://doi.org/10.1016/0020-7381\(78\)80001-1](https://doi.org/10.1016/0020-7381(78)80001-1).

5. Фишкова Т. Я. // ЖТФ, 2012. - Т. 82, Вып. 12. - С. 128-129.

6. Баранова Л. А. // ЖТФ, 2016. - Т. 86, Вып. 8. - С. 153-155.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Електростатичний електронний спектрометр - спіратрон - на основі циліндричного конденсатора, що містить електронну гармату, камеру зіткнень з досліджуваною речовиною та енергоаналізатор електронів, який відрізняється тим, що з метою отримання високого енергетичного розділення, пропускання та співвідношення сигнал/шум ввід і вивід електронів у коаксіальний циліндричний конденсатор здійснюють через циліндричні отвори у 45° -градусних трикутних призмах на середній відстані між радіусами циліндрів під кутом 45° до напрямку електростатичного поля.

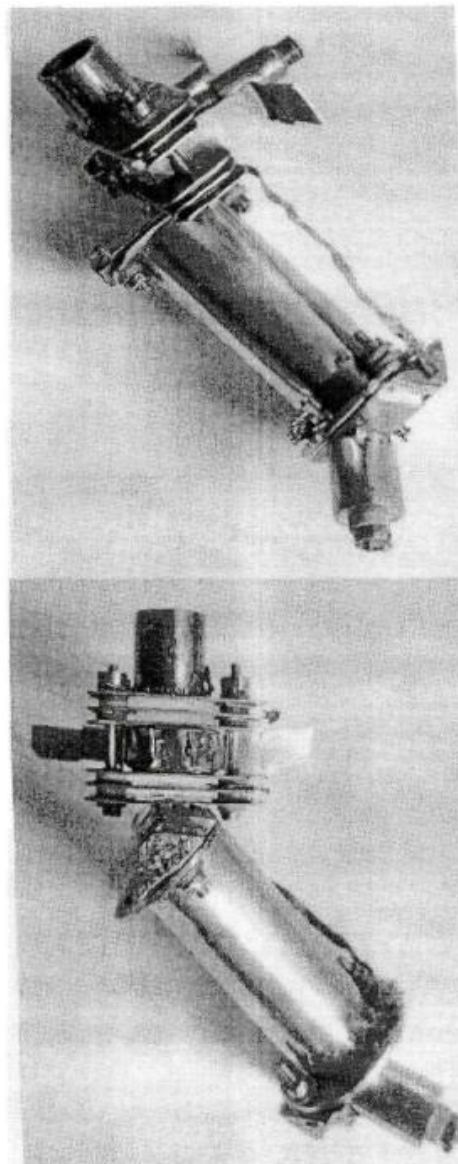
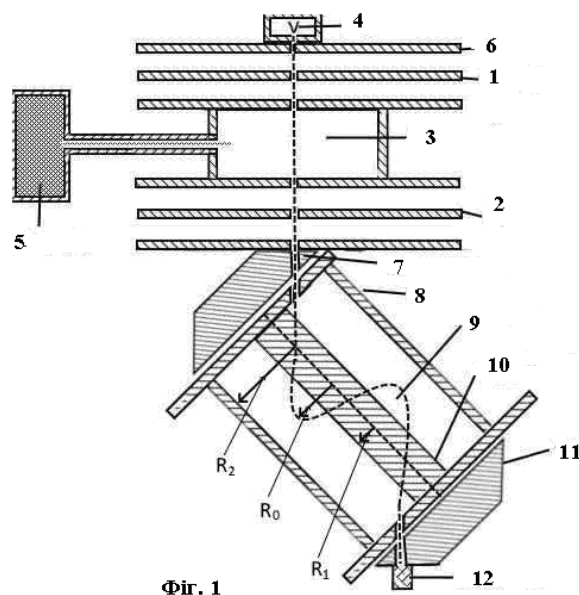
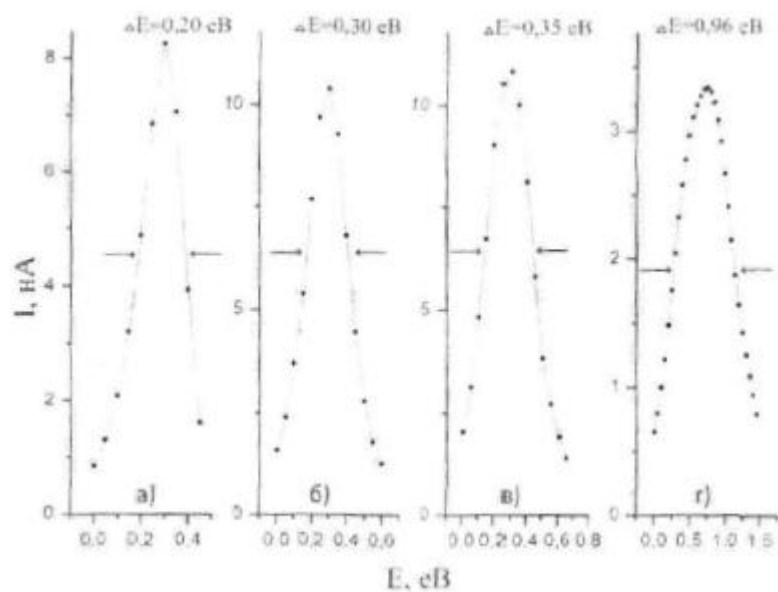
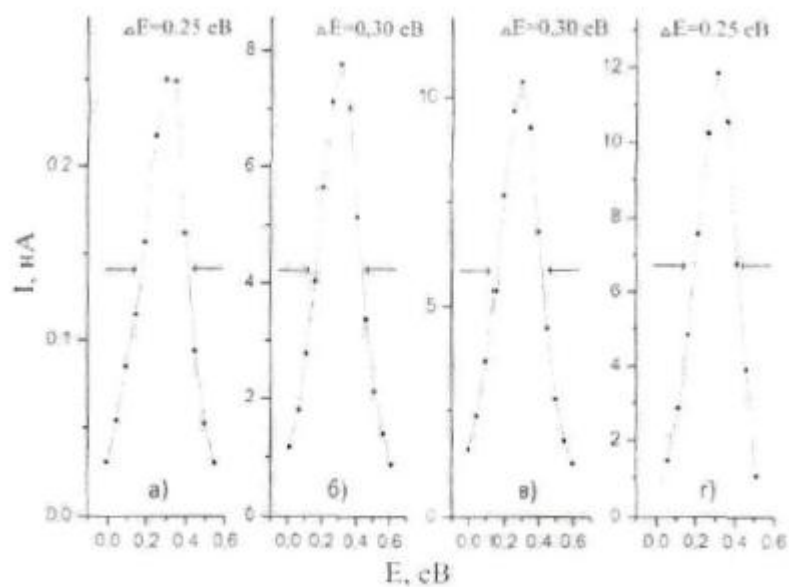


Fig. 2



Фиг. 3



Фиг. 4