



95 3  
3 1 1 12 3  
СОЮЗ СОВЕТСКИХ  
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ  
РЕСПУБЛИК

ДЛЯ СЛУЖЕБНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКЗ № 00126

(19) SU (11) 1279449 A1

(50) Н 01 J 49/48

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР  
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

# ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 3937954/24-21

(22) 26.06.85

(71) Киевский ордена Ленина и орде  
на Октябрьской Революции государст  
венный университет им. Т. Г. Шевченко

(72) В. А. Канченко, Ю. Н. Крынько,  
П. В. Мельник и Н. Г. Находкин

(53) 621.384.6(088,8)

(56) Козлов И. Г. Современные проб  
лемы электронной спектроскопии. -  
М.: Атомиздат, 1978, с. 103.

Сорокин О. М. и др. Устройство  
для калибровки электронных спектро  
метров. ПТЗ, № 5, 1983, с. 163-165  
(прототип).

(54) СПОСОБ КАЛИБРОВКИ ЭЛЕКТРОННОГО  
СПЕКТРОМЕТРА

(57) Изобретение относится к элект  
ронной спектрометрии, в частности к  
способам калибровки электронных

спектрометров, и может быть исполь  
зовано в вакуумных устройствах, снаб  
женных электронными спектрометрами.  
Цель изобретения - расширение диапа  
зона практической реализации способа  
и расширение диапазона фиксированных  
энергий вводимых в калибруемый спек  
трометр электронов достигается путем  
отведения от исследуемого образца  
энергетического спектра упруго отра  
женных электронов. Устройство, реа  
лизуящее способ, содержит калибруе  
мый спектрометр 1, эталонный спек  
трометр 2, образец 3 с держателем 4,  
источники 5 и 6 первичных электро  
нов, цилиндр 7 Фарадея, узел 8 для  
перемещения цилиндра Фарадея, узел 9  
аксиального вращения спектрометра 2  
и держателя 4, шкалы 10 и 11, распо  
ложенные в одной вакуумной камере.  
3 ил.

(19) SU (11) 1279449 A1

РПФ-К

Изобретение относится к электронной спектроскопии, а именно к способам калибровки электронных спектрометров, и может быть использовано в вакуумных устройствах, снабженных электронными спектрометрами.

Целью изобретения является расширение диапазона применения способа калибровки электронного спектрометра для разных конфигураций входной апертуры, расширение диапазона фиксированных энергий вводимых электронов и повышение точности определения величины потока вводимых в калибруемый спектрометр электронов за счет снятия энергетического спектра упруго отраженных от исследуемого образца электронов.

На фиг. 1 схематически показано устройство для осуществления способа; на фиг. 2 - взаимное расположение образца и входной апертуры калибруемого цилиндрического зеркального спектрометра; на фиг. 3 - пространственное распределение электронов с энергией 1000 эВ, упруго отраженных образцом поликристаллического алюминия при нормальном падении потока первичных электронов.

Устройство для осуществления способа содержит калибруемый спектрометр 1, эталонный спектрометр 2 с узким телесным углом входной апертуры, образец 3, держатель 4 образца, источники 5 и 6 первичных электронов, цилиндр 7 Фарадея, узел 8 перемещения цилиндра Фарадея, узел 9 аксиального вращения эталонного спектрометра 2 и держателя 4, шкалы 10 и 11, расположенные в одной вакуумной камере (не показаны).

Эталонный спектрометр 2 и держатель 4 соединены с узлом 9 аксиального вращения. При помощи узла 9 вращают независимо спектрометр 2 и держатель 4 вокруг общей оси 0, проходящей вдоль поверхности образца 3 перпендикулярно плоскости фиг. 1. Углы поворота эталонного спектрометра 2 и держателя 4 измеряют по шкалам 10 и 11, соединенным с узлом 9. Держатель 4 с образцом 3 вращают на  $360^\circ$ , эталонный спектрометр 2 - на  $180^\circ$ . Экспериментально установлено, что узким телесным углом входной апертуры при измерении пространственного распределения отраженных электронов является угол  $10^{-4}$ - $10^{-3}$  ср. При этом

процесс измерения не вносит искажения в форму пространственного распределения. В нашем случае входная апертура эталонного спектрометра 2 имела телесный угол  $3,9 \cdot 10^{-4}$  ср. Цилиндр 7 Фарадея при помощи узла 8 перемещения устанавливают на пути распространения потоков первичных электронов. Цилиндр 7 Фарадея является датчиком при измерении потоков электронов. Оси спектрометра 2 и источника 5 направлены на поверхность образца 3 в месте прохождения оси вращения узла 9.

В источнике 5 формируют поток первичных электронов с выбранной фиксированной энергией и измеряют его величину при помощи цилиндра 7 Фарадея. Затем направляют поток первичных электронов на поверхность образца 3. Измеряют по шкалам 10 и 11 углы поворота эталонного спектрометра 2 и образца 3 относительно оси источника 5 и определяют угол рассеяния  $\theta$ . Измеряют поток электронов, упруго отраженных от поверхности образца 3 и проходящих во входную апертуру эталонного спектрометра 2 при этом угле рассеяния. Изменяют при помощи узла 9 пространственное расположение спектрометра 2, измеряют по шкале 10 новое значение угла поворота и определяют новое значение угла рассеяния. Сканируют угол рассеяния и измеряют эталонным спектрометром 2 поток упруго отраженных электронов, измеряя таким образом пространственное распределение упруго отраженных электронов, т.е. зависимость величины потока упруго отраженных электронов, проходящих во входную апертуру эталонного спектрометра 2, от угла рассеяния первичных электронов. Затем при помощи узла 9 устанавливают образец 3 перед калибруемым спектрометром 1. По шкале 11 устанавливают угол падения на образец 3 потока первичных электронов источника 6 равным углу падения потока от источника 5 при измерении пространственного распределения. В источнике 6 формируют поток первичных электронов с выбранной фиксированной энергией и измеряют его величину при помощи цилиндра 7 Фарадея. Затем направляют поток первичных электронов на поверхность образца 3. Исходя из конфигурации входной апер-

туры конкретного калибруемого спектрометра 1, взаимного расположения спектрометра 1, образца 3 и источника 6, определяют углы рассеяния упруго отраженных электронов, попадающих во входную апертуру калибруемого спектрометра 1, определяют телесный угол входной апертуры. По известному пространственному распределению и известным величинам углов определяют величину потока электронов фиксированной энергии, вводимых во входную апертуру калибруемого спектрометра. Определяют соотношение между величиной вводимого электронного потока и сигналом на выходе схемы регистрации спектрометра 1.

Данный способ использован при калибровке цилиндрического зеркального спектрометра. На фиг. 2 показано взаимное расположение образца 3 и входной апертуры спектрометра 1. Спектрометр 1 имеет следующие характеристики: диаметр внутреннего цилиндра 50 мм, средний угол ввода электронов  $d_{ср} = 42^\circ$ , раствор апертуры по углу  $\alpha 12^\circ$ . Входная апертура имеет четыре перемычки, шириной 3 мм каждая, соединяющие части внутреннего цилиндра. Разрешение спектрометра 1 по энергии 1%. Источником 6 первичных электронов служит встроенная электронная пушка. Углы рассеяния электронов, вводимых во входную апертуру спектрометра 1, лежат в диапазоне  $\Theta = 132 - 144^\circ$ . В качестве образца использовался поликристаллический алюминий. Величина потока электронов фиксированной энергии, вводимых во входную апертуру калибруемого спектрометра:

$$I_b(E) = I_{o2}(E) \cdot \left( \frac{\Delta I_y(E, \Theta)}{I_{o1}(E) \Delta \Omega} \right) \Delta \Omega;$$

$$\Omega_2 = \int \int \sin \Theta \, d\Theta \, dI,$$

где  $I_b(E)$  — величина потока электронов фиксированной энергии  $E$ , вводимых во входную апертуру калибруемого спектрометра;

$I_{o1}(E)$  — величина потока первичных электронов при измерении пространственного распределения;

$\Delta I_y(E, \Theta)$  — величина потока электронов, упруго рассеянных

образом на угол  $\Theta$  при измерении пространственного распределения интенсивности в телесный угол  $\Delta \Omega_1$ ;

$\Omega_2$  — телесный угол входной апертуры калибруемого спектрометра;

$\varphi$  — азимутальный угол раствора входной апертуры;

$I_{o2}(E)$  — величина потока первичных электронов при введении электронов в калибруемый спектрометр.

На фиг. 3 показано измеренное эталонным спектрометром 2 пространственное распределение электронов с энергией 1000 эВ, упруго отраженных образцом поликристаллического алюминия при нормальном падении потока  $I_{o1} = 4,4 \cdot 10^{-3}$  А и  $\Delta \Omega = 3,9 \cdot 10^{-4}$  ср. Использовался спектрометр 2 тормозящего типа с пропускаемой энергией электронов 10 эВ. При нормальном падении потока  $I_{o2}$  на образец 3 с учетом существующих на входной апертуре спектрометра 1 перемычек получено выражение для величины потока электронов с энергией 1000 эВ, вводимых в спектрометр 1:  $I_b(1000 \text{ эВ}) = (1,251 \pm 0,15) \cdot 10^{-3} I_{o2}$ . Основным источником погрешности является измерение пространственного распределения упруго отраженных электронов.

#### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

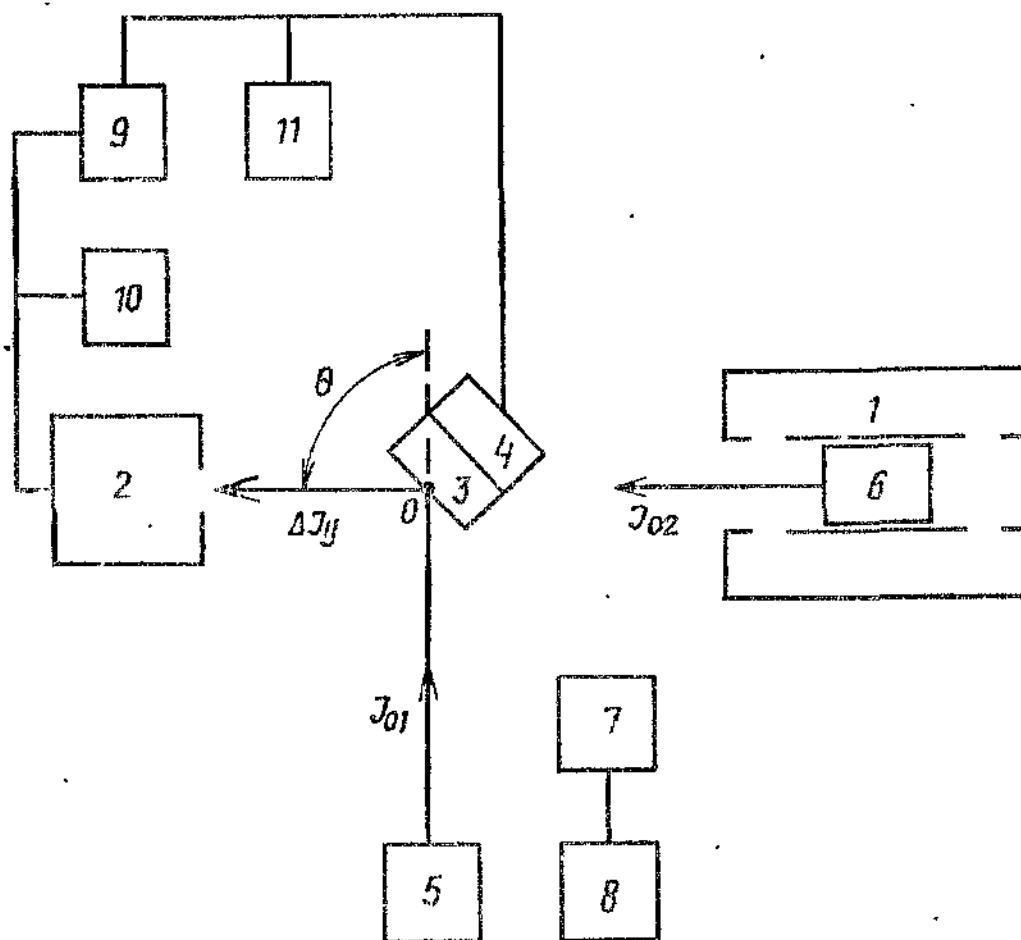
Способ калибровки электронного спектрометра, включающий создание электронного потока с фиксированными энергией и величиной, введение его во входную апертуру спектрометра и определение соотношения между величиной вводимого электронного потока и сигналом на выходе схемы регистрации спектрометра, отличающийся тем, что, с целью расширения диапазона применения способа для разных конфигураций входной апертуры, расширения диапазона фиксированных энергий вводимых электронов и повышения точности определения величины потока вводимых в калибруемый спектрометр электронов, предварительно облучают поверхность образца потоком первичных электронов с фиксированной энергией и величиной, измеряют пространственное распределе-

ние выходящих из образца упруго отраженных электронов с помощью эталонного спектрометра, затем устанавливают образец перед калибруемым спектрометром и облучают его потоком первичных электронов с фиксированной энергией и величиной, определяют углы рассеяния упруго отраженных электронов, попадающих во входную апертуру калибруемого спектрометра, определяют телесный угол входной апертуры и по измеренному с помощью эталонного спектрометра пространственному распределению интенсивности определяют величину потока электронов фиксированной энергии, вводимых во входную апертуру калибруемого спектрометра:

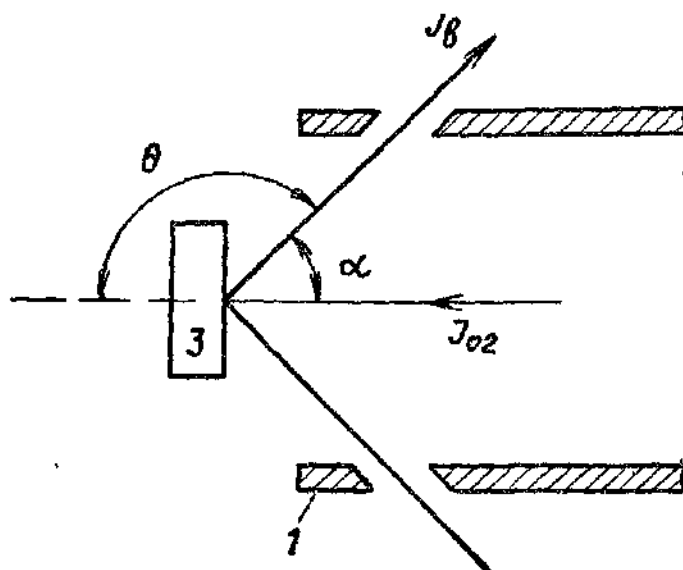
$$I_b(E) = I_{o2}(E) \int \frac{\Delta I_y(E, \theta)}{I_{o1}(E) \Delta \Omega_1} d\Omega; \quad 20$$

$$\Omega_2 = \int_{\varphi} \int_{\theta} \sin \theta d\theta d\varphi dI,$$

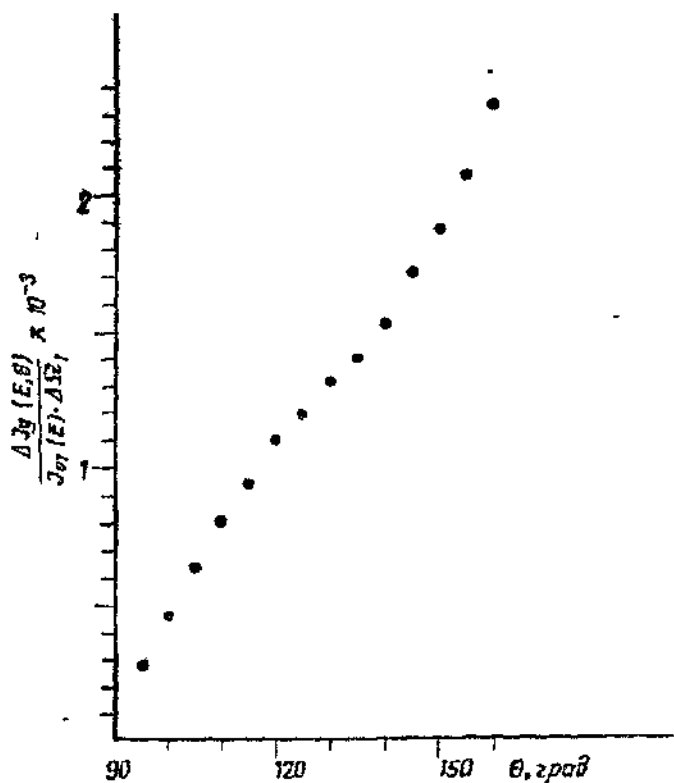
где  $I_b(E)$  - величина потока электронов фиксированной энергии;  $I_{o1}(E)$  - величина потока первичных электронов при измерении пространственного распределения эталонных спектрометров;  $I_{o2}(E)$  - величина потока первичных электронов при введении электронов в калибруемый спектрометр;  $\Delta I_y(E, \theta)$  - величина потока электронов, упруго рассеянных образцом на угол  $\theta$  при измерении пространственного распределения интенсивности в телесный угол  $\Delta \Omega_1$  эталонным спектрометром;  $\Omega_2$  - телесный угол входной апертуры калибруемого спектрометра;  $\varphi$  - азимутальный угол раствора входной апертуры.



Фиг.1



Фиг.2



Фиг.3

Редактор О. Стенина      Составитель А. Нестерович      Корректор Л. Пилипенко  
 Техред П. Олейник

Заказ 1365/ДСП      Тираж 364      Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета СССР  
 по делам изобретений и открытий  
 113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-полиграфическое предприятие, г. Ужгород, ул. Проектная, 4

