

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042328**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.03

(21) Номер заявки
201900570

(22) Дата подачи заявки
2019.04.23

(51) Int. Cl. **G01N 23/00** (2006.01)
G01N 23/04 (2018.01)
B82Y 35/00 (2011.01)

(54) СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ ОТ НАНООБЪЕКТОВ

(43) 2020.10.30

(96) KZ2019/024 (KZ) 2019.04.23

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ТОВАРИЩЕСТВО
С ОГРАНИЧЕННОЙ
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ФИЗИКО-
ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ" (KZ)**

(72) Изобретатель:
**Лебедев Игорь Александрович,
Дмитриева Елена Анатольевна,
Байтимбетова Багила Абдисаматовна,
Рябикин Юрий Алексеевич,
Грушевская Екатерина
Александровна, Федосимова
Анастасия Игоревна (KZ)**

(56) ЛЕБЕДЕВ, А.Т., Масс-
спектрометрия для анализа объектов окружающей
среды, ТЕХНОСФЕРА, Москва, 2013, ISBN
978-5-94836-363-9, с. 54-56

КЛАРК, Э.Р. и др., Микроскопические
методы исследования материалов, ТЕХНОСФЕРА,
Москва, 2007, ISBN 978-5-94836-121-5, с. 135-137
RU-C2-2405167

LI ZHI-HONG, A program for SAXS
data processing and analysis, Chinese Physics
C, 2013, Volume 37(10), 108002, DOI:
10.1088/1674-1137/37/10/108002, с 108002-3 -
108002-5, фиг. 3

(57) Способ увеличения отношения сигнал/шум для спектров от нанобъектов на аморфных или поликристаллических подложках. Получен технический результат, заключающийся в том, что происходит увеличение отношения сигнал/шум в $\sqrt{2n+1}$ раз (где n - параметр порядка). Предлагаемый способ основан на измерении спектра пустой подложки, накоплении фонового сигнала вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка, измерении спектра от подложки с нанобъектами, вычитании накопленного фонового сигнала, накоплении сигнала от нанобъектов вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка.

B1**042328****042328****B1**

Изобретение относится к области нанотехнологии, в частности к исследованиям нанобъектов на аморфных или поликристаллических подложках.

Известен способ повышения уровня (отношения) сигнал-шум при применении "принципа затухания помехи", заключающийся в синхронизации частотно-временных элементов входного сигнала и затем суммирования всех частотно-временных элементов входного сигнала, сформированных на передающей стороне и для которых частотно-временные параметры реализации шума, принимаемого с сигналом в одной и той же полосе, должны удовлетворять условиям независимости для случайных величин. Способ повышения уровня (отношения) сигнал-шум при пространственной селекции сигналов характеризуется тем, что содержит операцию их синхронизации и затем суммирования всех компонент одного и того же источника сигнала, принятых в пространственно разнесенных точках, взаимные пространственные координаты которых должны находиться в области, максимальные размеры которой много больше максимальной длины волны принимаемого диапазона волн (патент РФ 2491717, МПК H04B 1/10. Способ повышения уровня (отношения) сигнал-шум при применении "принципа затухания помехи"/Попик Павел Иванович. Заявка: 2010117813/08, 04.05.2010).

Недостатком аналога является то, что выделение сигнала отраженных рентгеновских лучей от кристаллов размером менее 100 нм не происходит.

Известен способ выделения сигнала отраженных рентгеновских лучей от кристаллов размером порядка 10 нм на аморфной подложке, заключающийся в использовании фотографического метода регистрации сигнала, малом угле наклона (5°) рентгеновского излучения и экспозиции образцов в течение 35 ч (Бейсенханов Н.Б. Влияние обработки в (O_2 , H_2) плазме на структуру и физические свойства пленок SnO_x /ISSN 1063-7834, Physics of the Solid State, 2011, Vol. 53, No. 2, p. 390-397. DOI: 10.1134/S1063783411020041).

Недостатком аналога является то, что необходимо специфическое рентгеновское оборудование и длительная экспозиция.

Известен способ, наиболее близкий к заявляемому, взятый за прототип (предварительный патент № 12779, Республика Казахстан: МПК G01N 24/00. Способ увеличения отношения сигнал/шум в спектроскопии/Республиканское государственное казенное предприятие "Физико-технический институт" Министерства образования и науки Республики Казахстан. Рябикин Ю.А., Лебедев И.А. - Заявка: 2001/0979.1, 25.07.2001). Способ увеличения отношения сигнал/шум в спектроскопии относится к области спектроскопии магнитного резонанса (электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс) и может быть использован для увеличения чувствительности спектроскопических приборов, работающих в непрерывном режиме. Способ основан на том, что производится выделение полезного сигнала из шума путем сочетания двух действий: накопление отклонений от среднего значения спектра вдоль спектра (горизонтальное накопление) и усреднение спектра по времени (вертикальное накопление). Способ позволяет достигнуть того же отношения сигнал/шум, что и используемый в спектроскопии магнитного резонанса стандартный способ усреднения повремени (вертикального накопления спектра), за время, примерно на два порядка меньшее.

Недостатком прототипа является существенное искажение формы сигнала при исследовании нанобъектов на аморфных или поликристаллических подложках из-за низкого отношения сигнал/шум и наличия искажающего фонового сигнала. Кроме того, исходный сигнал в результате накопления по горизонтали получается в интегральной форме, т.е. в виде сигнала поглощения, что в ряде случаев представляет существенные неудобства для анализа.

Предлагаемый способ устраняет отмеченный недостаток, позволяя получить технический результат, состоящий в том, что происходит выделение сигнала от нанобъектов на аморфных или поликристаллических подложках.

Предлагаемый способ основан на измерении спектра пустой подложки, накоплении фонового сигнала вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка, измерении спектра от подложки с нанобъектами, вычитании накопленного фонового сигнала, накоплении сигнала от нанобъектов вдоль спектра на интервале, ограниченном параметром порядка.

На фиг. 1 представлен исходный сигнал экспериментального образца, полученный на дифрактометре ДРОН. В качестве экспериментального образца была использована тонкая пленка диоксида олова (SnO_2) (толщина пленки порядка 150 нм), нанесенная на стеклянную подложку.

На фиг. 2 представлен спектр от пустой подложки.

На фиг. 3 представлен накопленный спектр пустой подложки с параметром порядка $n=50$. Накопление вдоль спектра в соответствии с правилом
$$S_i = \frac{1}{(2n+1)} \sum_{i-n}^{i+n} X_j$$

При этом белый шум уменьшается в $\sqrt{2n+1}$ раз.

На фиг. 4 представлен спектр, накопленный с параметром порядка $n=50$, после вычитания из исходного спектра (фиг. 1) накопленного фонового сигнала от подложки (фиг. 3).

Как видно из фиг. 4, на углах дифракции 13.5 , 17 и 26° обнаруживаются сигналы от кристаллографических плоскостей $SnO_2(110)$, $SnO_2(101)$ и $SnO_2(211)$ соответственно.

Таким образом, получен технический результат, заключающийся в том, что происходит увеличение

отношения сигнал/шум в $\sqrt{2n+1}$ раз (где n - параметр порядка) в спектрах от нанобъектов на аморфных или поликристаллических подложках.

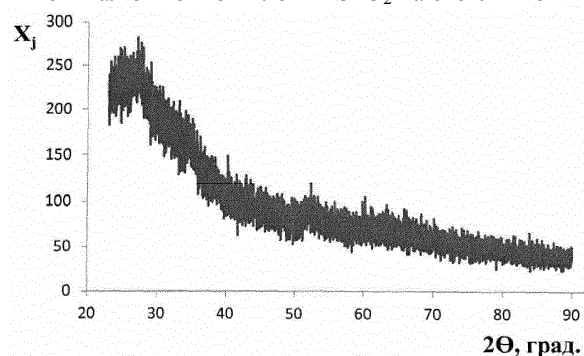
ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

Способ увеличения отношения сигнал/шум для спектров от нанобъектов на аморфных или поликристаллических подложках, включающий измерение спектра от подложки с нанобъектами, накопление от спектра от подложки с нанобъектами, измерение спектра пустой подложки, накопление спектра пустой подложки, вычитание накопленного спектра пустой подложки из накопленного спектра от подложки с нанобъектами, отличающийся тем, что накопление спектра осуществляется в соответствии с правилом

$$S_i = \frac{1}{2L+1} \sum_{j=i-L}^{i+L} X_j$$

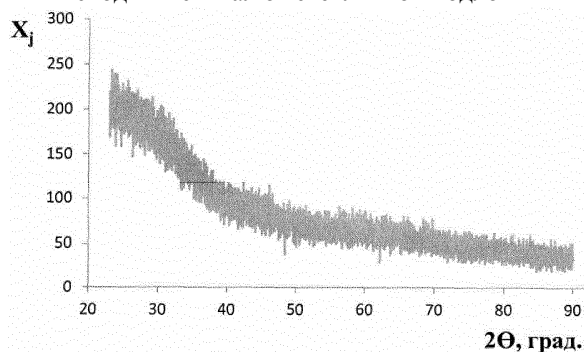
где L - длина накопления, X_i - величина спектра для i -канала, S_i - величина накопленного спектра для i -канала.

Исходный сигнал от тонкой пленки SnO₂ на стеклянной подложке



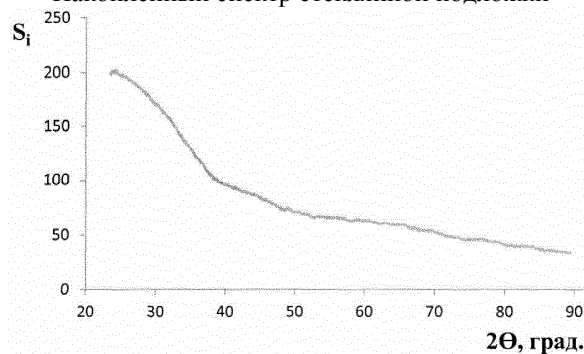
Фиг. 1

Исходный сигнал от стеклянной подложки



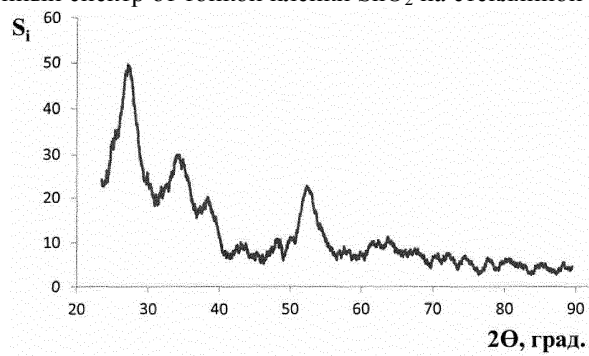
Фиг. 2

Накопленный спектр стеклянной подложки



Фиг. 3

Накопленный спектр от тонкой пленки SnO_2 на стеклянной подложке



Фиг. 4

