

Рентгеновская спектроскопия - калибровка энергитического детектера



Физика

Современная физика

Природа рентгеновского излучение и его применение



Уровень сложности

твердый



Размер группы

2



Время подготовки

45+ Минут



Время выполнения

45+ Минут

PHYWE
excellence in science

Общая информация

Описание

PHYWE
excellence in science

Экспериментальная установка

Большинство применений рентгеновских лучей основано на их способности проходить сквозь вещество. Поскольку эта способность зависит от плотности вещества, становится возможным получение изображений внутренних частей объектов и даже людей. Это находит широкое применение в таких областях, как медицина или безопасность.

Дополнительная информация (1/2)

PHYWE
excellence in science

Предварительные

знания



Принцип



Предварительные знания, необходимые для этого эксперимента, приведены в разделе "Теория".

Различные образцы металлов подвергаются полихроматическому рентгеновскому излучению. Получающееся флуоресцентное излучение анализируется с помощью полупроводникового детектора и многоканального анализатора. Определены максимумы интенсивности соответствующих характеристических рентгеновских линий. Заранее определенные значения энергии характеристических линий и каналов многоканального анализатора, которые должны быть назначены, в свою очередь, приводят к калибровке полупроводникового детектора энергии.

Дополнительная информация (2/2)

PHYWE
excellence in science

Обучение

цель



Задачи

Цель этого эксперимента - исследовать спектры флуоресцентного излучения.

- Запишите спектры флуоресцентного излучения, создаваемого металлическими образцами.
- Определите номера каналов максимумов интенсивности характеристических линий соответствующего флуоресцентного излучения
- Представьте в виде графика заранее определенные энергии линий в зависимости от номеров каналов для двух различных коэффициентов усиления многоканального анализатора.

Теория

Анализ энергий рентгеновских лучей с помощью полупроводниковых детекторов кратко описан на примере *Si*-pin-детектора (*p*–контакт - собственный - *n*–контакт). Падающие рентгеновские кванты с достаточным уровнем энергии создают свободные электроны в кристалле *Si* за счет фотоэлектрического эффекта. Кинетическая энергия этих электронов коррелирует с энергией рентгеновских квантов. Помимо фононного возбуждения, электроны через обедненный слой полупроводника создают на своем пути электронно-дырочные пары. Количество этих электронно-дырочных пар является мерой энергии падающего кванта. Дырки и электроны отводятся приложенным извне напряжением и, таким образом, создают импульс заряда. Величина импульса заряда также является мерой энергии падающего рентгеновского кванта.

Результирующий спектр амплитуды импульсов затем анализируется многоканальным анализатором, в котором разным каналам присваиваются различные высоты импульса. Импульсы одного и того же уровня напряжения будут суммироваться в том же канале.

На последнем этапе значение энергии должно быть присвоено высоте импульса (= номеру канала).

Оборудование

Позиция	Материал	Пункт No.	Количество
1	XR 4.0 X-ray Базовая рентгеновская установка, 35 кВ	09057-99	1
2	XR 4.0 X-ray Гониометр для рентгеновской установки, 35 кВ	09057-10	1
3	XR4 Съёмная рентгеновская трубка Plug-in Cu tube	09057-51	1
4	XR 4.0 X-ray Рентгеновский анализ материалов, расширение	09165-88	1

PHYWE
excellence in science

Подготовка и выполнение работы

Подготовка

PHYWE
excellence in science

- Навинтите переходное кольцо на входную трубку детектора энергии и подключите сигнальный и питающий кабели к соответствующим портам детектора с помощью угловых штекеров.
- Подключите сигнальный и питающий кабели к соответствующим портам в экспериментальной камере рентгеновской установки. На рис.1 порт для сигнального кабеля обозначен красным цветом, а порт для кабеля питания - зеленым. Подключите внешние порты X RED рентгеновской установки (см. рис. 2) к многоканальному анализатору (MCA). Подключите сигнальный кабель к порту "Вход", а питающий кабель - к порту "Детектор энергии рентгеновского излучения" MCA.
- Закрепите детектор энергии в держателе поворотного кронштейна гониометра. Проложите два кабеля достаточной длины, чтобы гониометр мог свободно поворачиваться во всем диапазоне. Подключите многоканальный анализатор и компьютер с помощью USB-кабеля.

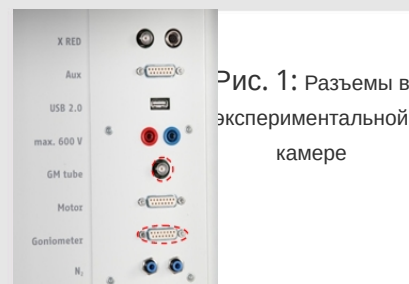


Рис. 1: Разъемы в экспериментальной камере



Рис. 2: Подключение многоканального анализатора

Выполнение работы (1/2)

- Вставьте диафрагму с отверстием 2 мм.
- Переместите блок гониометра и детектор в соответствующие крайние положения слева. Приведите детектор в положение 90° в режиме сопряжения 1:2 (рис. 3).
- Вставьте образец с помощью универсального держателя кристаллов (образец находится под углом 45°).
- Рабочие характеристики медной рентгеновской трубки: Выберите анодное напряжение $U_A = 35 \text{ кВ}$ и анодный ток таким образом, чтобы скорость счета для каждого из образцов составляла ≤ 300 имп/с (выберите максимальный анодный ток для образца и серебра).

Подтвердите эти значения нажатием кнопки Enter.

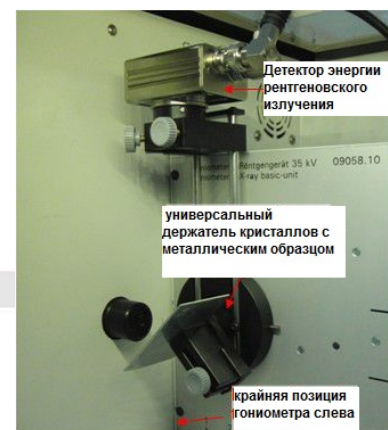


Рис. 3: Установка гониометра

Выполнение работы (2/2)

- Заблокируйте дверку рентгеновской установки.
- В программе measure выберите "Многоканальный анализатор" в разделе "Датчик". Затем выберите "Запись спектров". Установите "XData = номер канала» и "Ширина интервала [каналы] = 1 канал». Установите смещение так, чтобы подавлялись сигналы с низким уровнем шума (обычно достаточно 5%).
- Усиление = 2 (выберите уровень усиления 4 для второй серии измерений).
- Время измерения: 3 минуты (5 минут для образца Ag). Используйте для этого таймер рентгеновской установки.



Оценка

Задание 1

Запишите спектры флуоресцентного излучения, создаваемого металлическими образцами.

В качестве примера измерений с уровнем усиления 4 многоканального анализатора на рисунке 4 показан спектр флуоресценции образца меди.

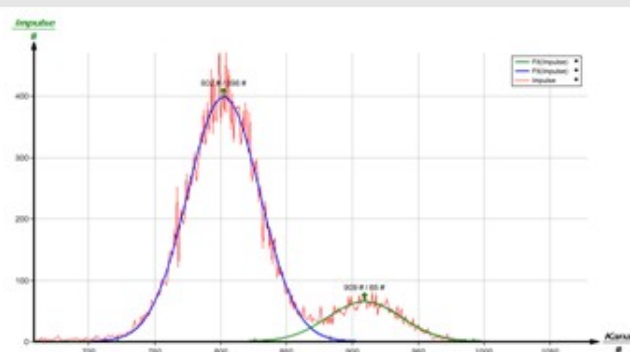


Рис. 4: Линии флуоресценции меди с подобранным нормальным распределением, уровень усиления 4.

Задание 2

PHYWE
 excellence in science

A	B	C	D	E
		Уровень усиления 2		Уровень усиления 4
Элемент	Линия	E [кэВ]	Номер канала	Номер канала
Fe	K_{α}	6.40	596	1402
Fe	K_{β_1}	7.06	680	1564
Ni	K_{α}	7.47	731	1671
Cu	K_{α}	8.04	802	1813
Ni	K_{β_1}	8.26	828	1857
Zn	K_{α}	8.63	877	1973
Cu	K_{β_1}	8.90	909	2027
Zn	K_{β}	9.57	995	2208
Ag	K_{α}	22.08	2595	
Ag	K_{β_1}	24.94	2958	

Определите номера каналов максимумов интенсивности характеристических линий соответствующего флуоресцентного излучения.

В таблице приведены результаты различных спектров для двух разных уровней усиления анализатора. Значения, указанные для K_{α} линии являются средними значениями энергии K_{α_1} и K_{α_2} линий.

Поскольку рентгеновская установка может подавать излучение только с максимальной энергией 35 кэВ, анализ с уровнем усиления 1 многоканального анализатора в этом случае бесполезен.

Задание 3

PHYWE
 excellence in science

Представьте в виде графика заранее определенные энергии линий в зависимости от номеров каналов для двух различных коэффициентов усиления многоканального анализатора.

Табличные значения энергии линий флуоресценции показаны на рисунке 5 (уровень усиления 4) и рисунке 6 (уровень усиления 2) в зависимости от соответствующих номеров каналов, которые были определены в ходе эксперимента. В своей математической форме добавленные линии регрессии помогают точно определить уровень энергии неизвестного излучения на основе соответствующего номера канала.

Рис. 5:
Уровень
усиления
4

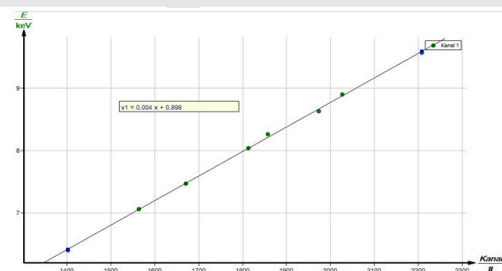


Рис. 6:
Уровень
усиления 2



Примечание

PHYWE
excellence in science

- Чтобы определить положение линии, переключитесь с полосы на отображение кривой. Для этого нажмите "Параметры отображения", а затем "Интерполяция и прямые линии". На рис. 7а показан результат, относящийся к спектру образца цинка.
- Увеличьте соответствующий отрезок линии с помощью функции масштабирования.  Затем выберите различные участки кривой с помощью .
- Откройте окно "Подгонка функции". .
- Затем выберите "Масштабированное нормальное распределение" (см. Рис. 7b).

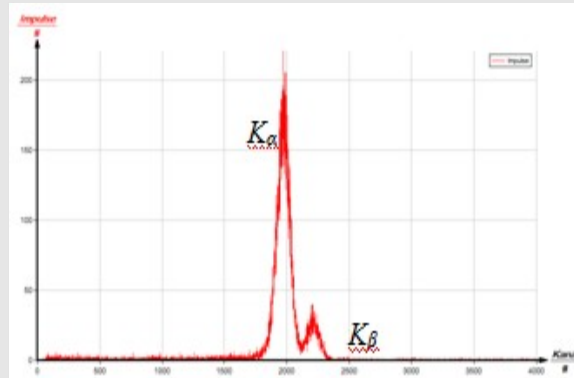


Рис. 7а: Спектр флуоресценции цинка, уровень усиления 2

Примечание (часть 2)

PHYWE
excellence in science

- Скройте исходную кривую измерения и повторно выберите участки нормального распределения. Найдите центр тяжести линий нормального распределения с помощью "Анализ пиков"  (см. рис. 7в) или определите их с помощью функции "Обзор". .

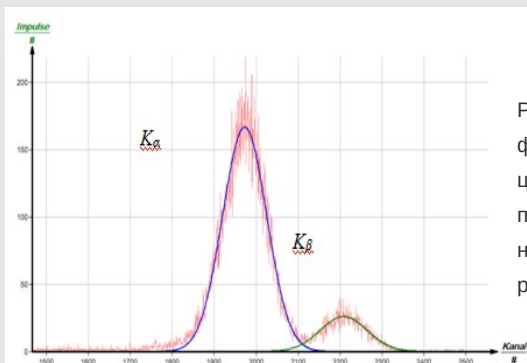


Рис. 7b: Линии флуоресценции цинка с подогнанным нормальным распределением

Рис. 7с: Нормальное распределение линий флуоресценции цинка для определения положения их каналов (исходная кривая измерения не показана)

