

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Национальный исследовательский Томский государственный университет
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
Болгарская Академия наук
ООО «ЛИТТ»

ИННОВАТИКА-2015

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**XI Международной школы-конференции студентов,
аспирантов и молодых ученых
21–23 мая 2015 г.
г. Томск, Россия**

Под ред. проф. А.Н. Солдатов, доц. С.Л. Минькова

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

Томск – 2015

ОБЗОР РЕНТГЕНОВСКОЙ МИКРОТОМОГРАФИИ (РМТ)

Е.С. Ечина, В.И. Сырымкин, С.А. Клецов

Национальный исследовательский Томский государственный университет

e-mail: zetom1@mail.ru

OVERVIEW OF X-RAY MICROTOMOGRAPHY (RMT)

E.S. Echina, V.I. Syryamkin, S.A. Klestov

National Research Tomsk State University

This article reviews the X-ray microtomography in the world. The main objective was to delineate their foreign counterparts on key characteristics and show them the dignity of domestic PMT created at TSU.

Key words: RMT - X-ray Microtomograph.

Рентгеновский микротомограф – прибор для исследования структуры и построения трехмерных изображений органических и неорганических объектов на основе теневых проекций. Общая схема РМТ указана на рис.1.

Принцип его работы следующий. Микрофокусная рентгеновская трубка освещает объект и с помощью планарного детектора излучения получают увеличенные его теневые проекции. В процессе сканирования объект поворачивается и на компьютере накапливается пакет из сотен виртуальных сечений. Затем можно просмотреть вид любого сечения или, объединив сечения вместе, получить объёмное изображение образца. Программное обеспечение позволяет изучать характеристики «виртуального среза» объекта в любой заданной плоскости, измерять пространственные морфометрические параметры и воссоздавать реалистичные визуальные модели для демонстрации внутренней структуры объекта.

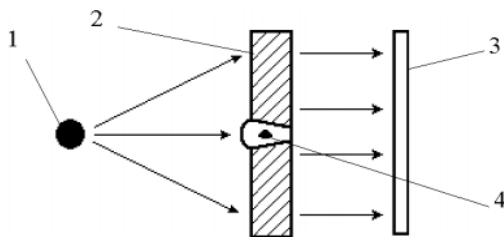


Рис. 1. Схема рентгеновского НК:

1 – источник; 2 – объект; 3 – детектор; 4 – дефект

С помощью томографа можно получать полное представление о внутренней структуре любого объекта, с разрешением до микрона и выше. А сам объект при этом разрушать не нужно. Специальная компьютерная программа позволяет создать трехмерное изображение и увидеть все внутренние дефекты объекта исследования в объеме и цвете.

1) SkyScan [3]. Новая геометрия сканирования с возможностью смещения в пространстве образца и детектора излучения. Для каждого образца диаметром до 75 мм прибор может автоматически оптимизировать значения энергии излучения и подбирает фильтр, используя новый необслуживаемый источник рентгеновского излучения и 6-ти позиционное устройство для смены фильтров.

Характеристики:

- Источник рентгеновского излучения: 20-100 кВ, 10 Вт, размер пятна <5 мкм при 4 Вт.
- Детектор рентгеновского излучения: 16МП или 11МП, 14-bit охлаждаемая CCD камера, оптоволоконное сопряжение со сцинтиллятором.
- Размер объекта: диаметр до 75 мм в режиме офсетного сканирования (27 мм при быстром одиночном сканировании).
- Обнаружение деталей: 0,35 мкм (16МП) или 0,45 мкм (11МП) при максимальном увеличении.
- Реконструкция: при помощи компьютера или многопоточная трехмерная реконструкция с помощью компьютерного кластера.
- Дополнительные аксессуары: микропозиционный столик, платформа для исследования при охлаждении/ нагревании, сжатии/растяжении.
- Радиационная безопасность: <1 мкЗв/ч в любой точке на поверхности прибора.

Производит корпорация Bruker.

2) Feinfocus [4]. Высокое качество изображений является основой для микрофокусного рентгеновского тестирования. Основываясь на новейших технологиях (технология открытых трубок, система манипуляции, высокоскоростной плоскостной цифровой детектор), отвечающих за качество изображения, Y.Cheetah (универсальная рентгеновская платформа) предоставляет высочайшее качество результатов тестирования.

Характеристики:

- Время получения первого изображения: 10 с.
- Время сканирования для томографии: ~ 8 с.

- Время реконструкции: ~ 60 с.
- Загрузка образца: Автоматическая дверь (690 x 650мм).
- Управление перемещениями: Мышь + джойстик.
- Стабилизация изображения: Пневмоподвеска.
- Обработка изображения: Плоскопанельный цифровой детектор.
- Размеры образца: (макс.) 800 x 500 мм.
- Область инспекции: 460 x 410 мм.
- Тип трубки: Открытая микрофокусная.
- Диапазон напряжений: 10-160 кВ.
- Мощность трубки: 64 Вт.
- Мощность на мишени: 15 Вт.
- Разрешающая способность: $< 0,5$ мкм.
- Габаритные размеры: $\sim 1650 \times 1400 \times 1850$ мм.
- Вес: ~ 2200 кг.

Производит фирма YXLON International.

3) X-Tek [5]. Процесс неразрушающего контроля изделий можно вести в автоматическом режиме, программно задав количественные и качественные критерии дефектов, а также допускаемые геометрические погрешности изготовления объекта.

Характеристики:

- Напряжение рентгеновской трубки: 160кВ.
- Максимальная мощность рентгеновской трубки: 60Ватт.
- Максимальное геометрическое увеличение до 150х.
- Минимальный размер фокусного пятна: 3мм.
- Число осей манипулятора: 5.
- Максимальная масса образца: 15кг.
- Габаритные размеры (без монитора): 1830x875x1987мм.
- Масса системы: 2400кг.

Производит компания Nikon Metrology.

4) PMT НИ ТГУ[1]. В ТГУ разработан первый в РФ цифровой PMT. Это подтверждает статус Сибири, и в частности Томска, как один из главных инновационных секторов экономики России.

Характеристики PMT:

- Различимость деталей 1-13 мкм.
- Источник рентгеновского излучения: плавно-настраиваемый от 20 до 160 кВ, ток анода 0 – 250 мкА, 10 Ватт, размер фокального пятна < 5 мкм ($\cong 4$ Ватт), с воздушным охлаждением.

- Датчик рентгеновского излучения: 2048 x 2048 12-bit цифровая рентгеновская камера с 27,6 x 27,6 мм полем обзора.
- Время восстановления трехмерных изображений: 10(мин/см³).
- Анализа трехмерных изображений 60(мин/см³).

В связи с этим, у ТГУ существует множество заказов на данный продукт. Заказчиками являются промышленные предприятия, НИИ, университеты.

Характеристики зарубежных аналогов уступают РМТ ТГУ, но при этом их цена в разы выше, что дает нам конкурентное преимущество.

Таблица 1

Стоимость рентгеновских микротомографов

Название	PMT	SkyScan	Feinfocus	X-Tek
Страна производитель	РФ	Бельгия	Германия	Великобритания
Стоимость	8 000 000	15 000 000	17 000 000	17 500 000

Доступностью цены мы позволяем использовать их большему числу лабораторий и предприятий.

На основе описанных данных авторским коллективом разработан первый отечественный интеллектуальный цифровой рентгеновский микротомограф для диагностики состояния материалов различного происхождения. Разработанный прибор имеет следующие отличительные достоинства:

1. Высокоточная система позиционирования, способная обеспечить позиционирование исследуемого объекта с точностью ± 1 мкм.
2. Полная автоматизация работы рентгеновского микротомографа, не требующая вмешательства пользователя в процесс построения 3D-модели исследуемого объекта.
3. Встроенные алгоритмы предобработки исходных данных неискажающего сжатия и классификация внутренней структуры и дефектов объекта.
4. Быстродействие работы как аппаратного, так и программного обеспечения обусловленное использованием в составе программного обеспечения как аппаратной, так и программной частей рентгеновского микротомографа структурно-перестраиваемых алгоритмов управления, обеспечивающих значительно повысить точность и скорость работы рентгеновского микротомографа.

Литература

1. Сыряжкин В.И., Богомолов Е.Н., Бубенчиков М.А. и др. Современные методы исследования материалов и нанотехнологий. Учебное пособие (лабораторный практикум). – Томск: ТГУ, 2013. – 412 с.
2. Патент на изобретение RU 2505800 Способ рентгеновской томографии и устройство для его осуществления. Сыряжкин В. И. и др. 27.01.2014 Бюл. №3
3. Настольный микротомограф высокого разрешения SkyScan 1272 //Официальный сайт компании «Спектроника», дистрибьютора аналитического и биотехнологического оборудования. URL: <http://www.spektronika.ru/default.aspx?s=0&p=1598> (дата обращения: 15.04.2015).
4. Микрофокусная рентгеновская система Y.Cheetah // Официальный сайт компании «Индустрия сервис», дистрибьютера рентгеновского оборудования. URL: <http://ndt-is.ru/index.php?id=104> (дата обращения: 15.04.2015).
5. Рентгеноскопия и компьютерная томография // Официальный сайт компании «Нева Технолоджи», дистрибьютора систем рентгеноскопии и компьютерной томографии, URL: http://www.nevatec.ru/category_13.html (дата обращения: 15.04.2015).

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК Ge И Si ОСЦИЛЛИСТОРНОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ С ЧАСТОТНЫМ ВЫХОДОМ

М.А. Завгородняя

*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
masha-zavgorodn@mail.ru*

COMPARATIVE ANALYSIS OF GE AND SI CHARACTERISTICS OSCILLISTOR TEMPERATURE SENSOR WITH FREQUENCY OUTPUT

Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

M. A. Zavgorodnyaya

The article presents a comparative analysis of Ge and Si technical characteristics of the oscillistor temperature sensor with frequency output. There are advantages of the oscillistor temperature sensor, which based on Si, over peers.

Keywords: oscillistor, frequency output, helical instability, innovation.

Альтернативным направлением развития электроники является функциональная электроника, которая использует для обработки информации динамические неоднородности различной физической природы. Одним из таких физических явлений, на котором основана функциональная электроника, является винтовая неустойчивость (ВН) полупроводниковой плазмы (осцилляторный эффект). ВН электронно-дырочной плазмы возникает при помещении полупроводника в магнитное поле, вектор