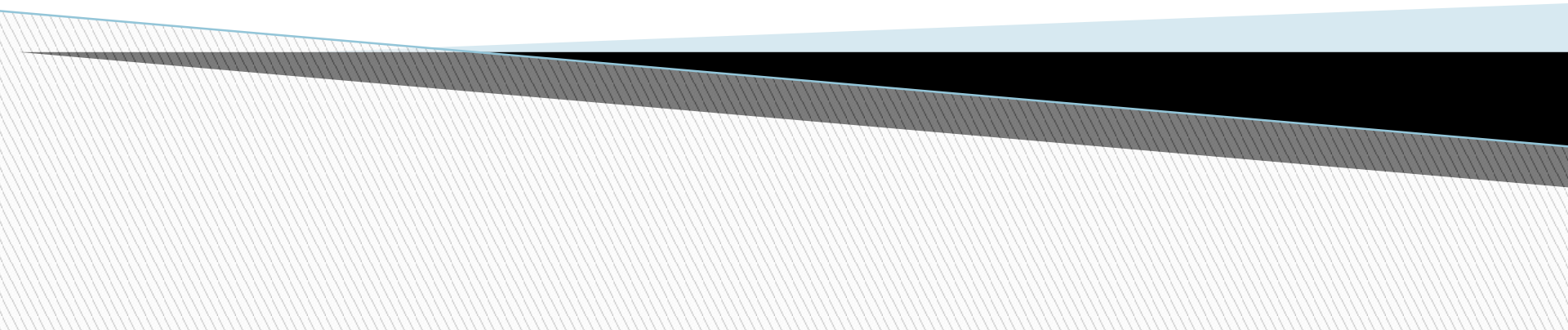


# Физические методы исследования материалов (для мм и нт)

Батаев Иван Анатольевич

Кафедра материаловедения в машиностроении  
(ауд. V-267)



# Общая информация по курсу

- ~17 лекций
- 4 лабораторные работы
- 4 практические работы
- РГЗ
- Дифференцированный зачёт

## Физические методы исследования материалов (Математический и естественнонаучный цикл)

Нагрузка по семестрам										
Семестр	Кредитов	Часов всего	Лекций	Практических занятий	Лабораторных	Часов в активной форме	Часов консультаций	Часов самостоятельной работы	Виды самостоятельной работы	Отчетность
4	3	108	34	16	16			42	РГЗ	ДЗ
5	5	180	36	18	18			108	РГЗ	ДЗ
6	3	108	34	16	16			42	РГЗ	Э

# Список лекций

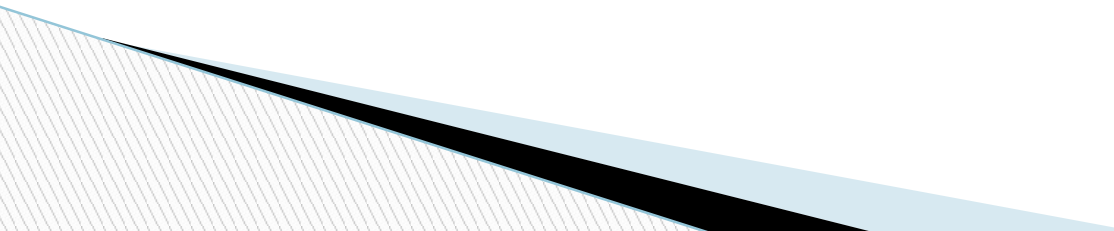
1. Вводная лекция . Классификация методов исследования материалов
2. Обзор микроскопических методов исследования. Оптическая микроскопия.
3. Растровая электронная микроскопия.
4. Спектральные методы анализа.
5. Элементарные основы кристаллографии.
6. Понятие решётки. Индексы Миллера. Индицирование плоскостей решётки.
7. Стереографические проекции.
8. Основы дифракции.
9. Устройство просвечивающего электронного микроскопа.
10. Обратное пространство и расшифровка картин дифракции.
11. Запрещённые рефлексы. Дифракция от поликристаллов и аморфных материалов.
12. Адсорбционный и дифракционный контраст. Анализ структур.
13. Специальные методы исследования. Мёссбауровская спектроскопия. Ионно-полевая микроскопия. Рентгеновская фотоэлектронная микроскопия.

# Задание для РГЗ

- Сделать расчёты межплоскостных расстояний, углов между направлениями и плоскостями для кристаллов различных классов (сингоний)(Задача 1-3).  
**Расчёты выполнить с использованием метрического тензора прямого и обратного пространств.**
- Рассчитать картину дифракции электронов для заданного кристалла в заданном направлении

Вариант	Задача 1	Задача 2	Задача 3	Задача 4
1	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ , $a=b=c=2.3 \text{ \AA}$	$\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$ , $a=3 \text{ \AA}$ , $b=3.3 \text{ \AA}$ $c=4.3 \text{ \AA}$	$a = 6,216 \text{ \AA}$ , $b =$ $6,288 \text{ \AA}$ , $c = 8,559$ $\text{ \AA}$ , $\alpha=\gamma=90^\circ$ , $\beta =$ $94,772^\circ$	$\alpha\text{-Fe [111]}$

# Полезные ссылки

- [http://www2.physics.ox.ac.uk/sites/default/files/CrystalStructure\\_fullnotes2.pdf](http://www2.physics.ox.ac.uk/sites/default/files/CrystalStructure_fullnotes2.pdf)
  - [http://rdt45m.narod.ru/tensor\\_html/tensor1\\_2.htm](http://rdt45m.narod.ru/tensor_html/tensor1_2.htm)
  - <http://vk.com/MaterialsCharacterization>
- 

**Углы между плоскостями**

	111	112	113	235	489
110					
221					
157					
189					
100					

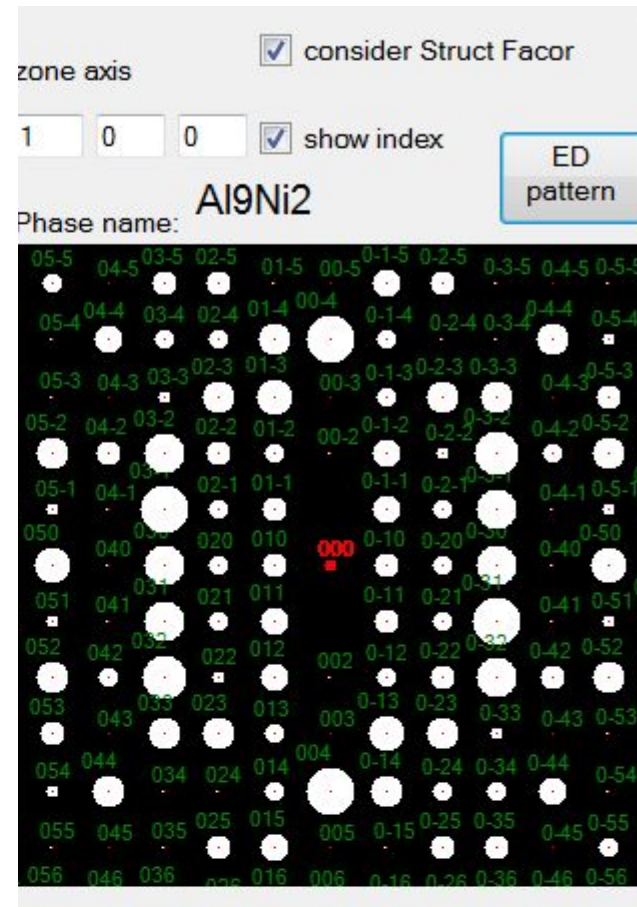
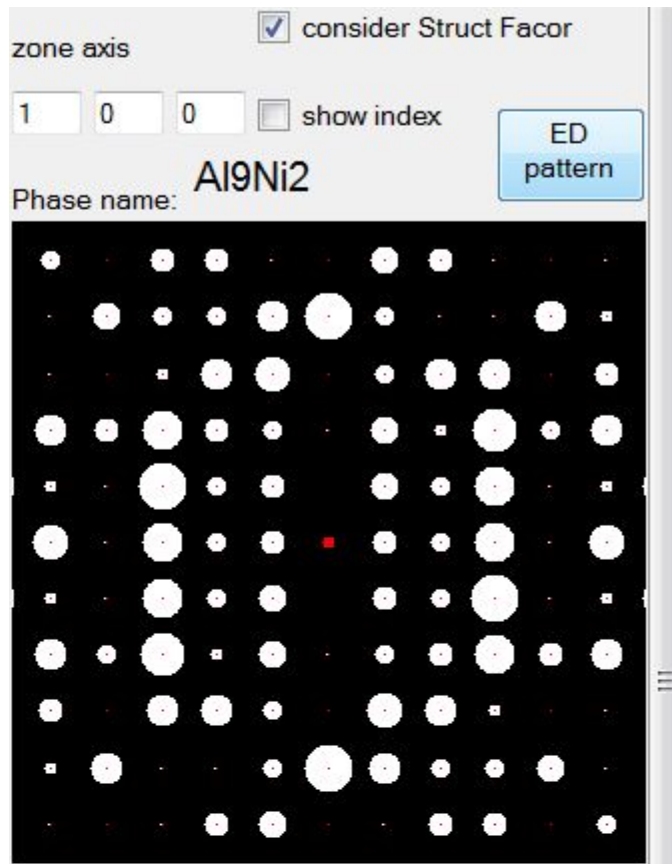
**Углы между направлениями**

	111	112	113	235	489
110					
221					
157					
189					
100					

**Межплоскостные расстояния**

110	
221	
157	
189	
100	
111	
112	
113	
235	
489	

# Типичные картины дифракции электронов



# Оформление РГЗ:

- ▣ 1. Титульный лист
- ▣ 2. Содержание (с указанием страниц)
- ▣ 3. Задача 1
- ▣ 4. Задача 2
- ▣ 5. Задача 3
- ▣ 6. Задача 4
- ▣ 7. Заключение
- ▣ 8. Список литературы в следующем формате:
  - ▣ 1. ФИО. Название статьи или книги.- Год издания.- Страницы
- ▣ (ВНИМАНИЕ!!! В тексте работы ссылки на литературу указывать в квадратных скобках)
- ▣



# Критерии оценки работы:

- Правильность выполнения
- Аккуратность оформления (работа должна быть читаема)
- Сдача в срок (до 15 недели)
- 16-17 неделя – защита РГЗ
  
- Не принимаются РГЗ в которых:
  - Отсутствуют выкладки
  - Перепутан вариант
  - Плагиат

# Литература

## Общая информация:

- Д. Брандон, У. Каплан. Микроструктура материалов методы исследования и контроля
- Батаев В.А. и др. Методы структурного анализа материалов и контроля качества деталей

## Оптика:

- Р. Фейнман. Фейнмановские лекции по физике. Том 3. Излучение. Волны. Кванты.
- Eugene Hecht. Optics.

## Спектральные методы анализа:

- A.J. Garratt-Reed and D.C. Bell. Energy-Dispersive X-Ray Analysis in the Electron Microscope
- К. Хаускрофт, Э. Констебл. Современный курс общей химии. Том 1.
- Гоулдстейн и др. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ.

## Электронная микроскопия:

- Утевский Л.М. Дифракционная электронная микроскопия в металловедении
- Хирш П. и др. Электронная микроскопия тонких кристаллов
- Гоулдстейн и др. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ.
- Brent Fultz, James M. Howe. Transmission electron microscopy and diffractometry of Materials

# Классификация методов исследования материалов

Методы исследования материалов

Методы  
получения  
изображения

Методы  
определения  
химического  
состава

Методы  
определения  
кристаллической  
структуры

Методы  
исследования  
свойств

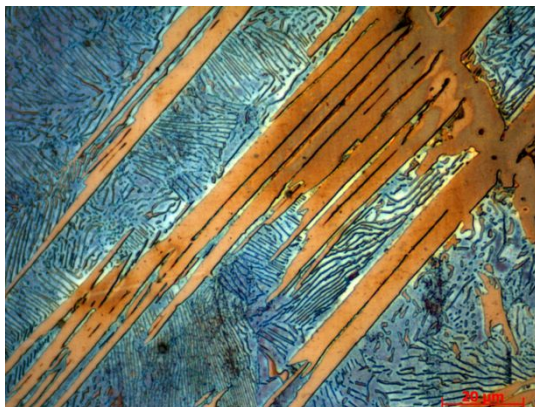
Микроскопия и  
др

Методы  
спектрального  
анализа и др

Дифракционные  
методы  
исследования

Не  
рассматриваютс  
я в рамках  
данного курса

# Методы получения изображения



# Методы получения изображения (электронная микроскопия)

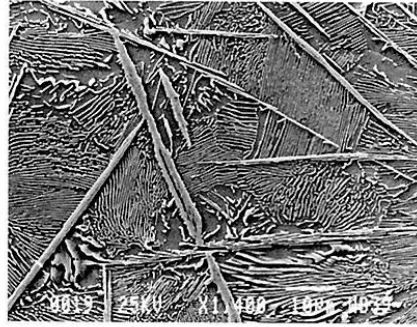
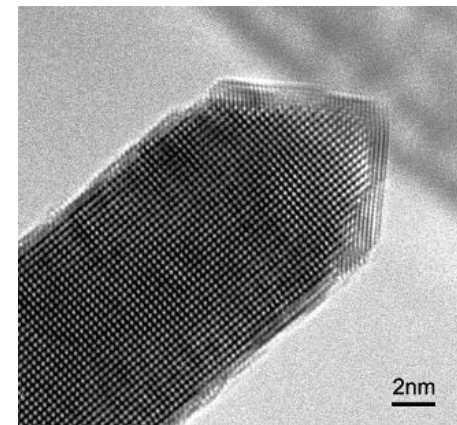
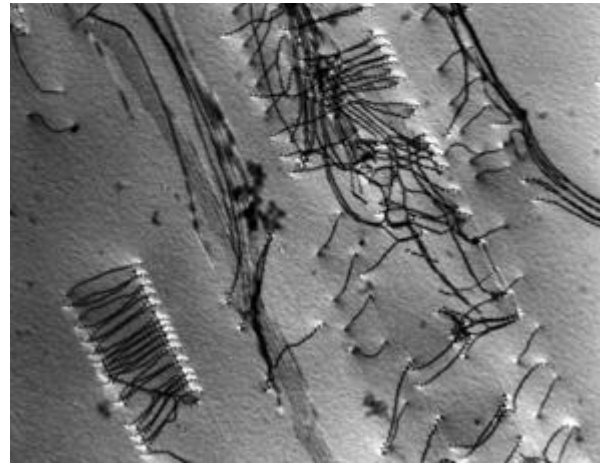
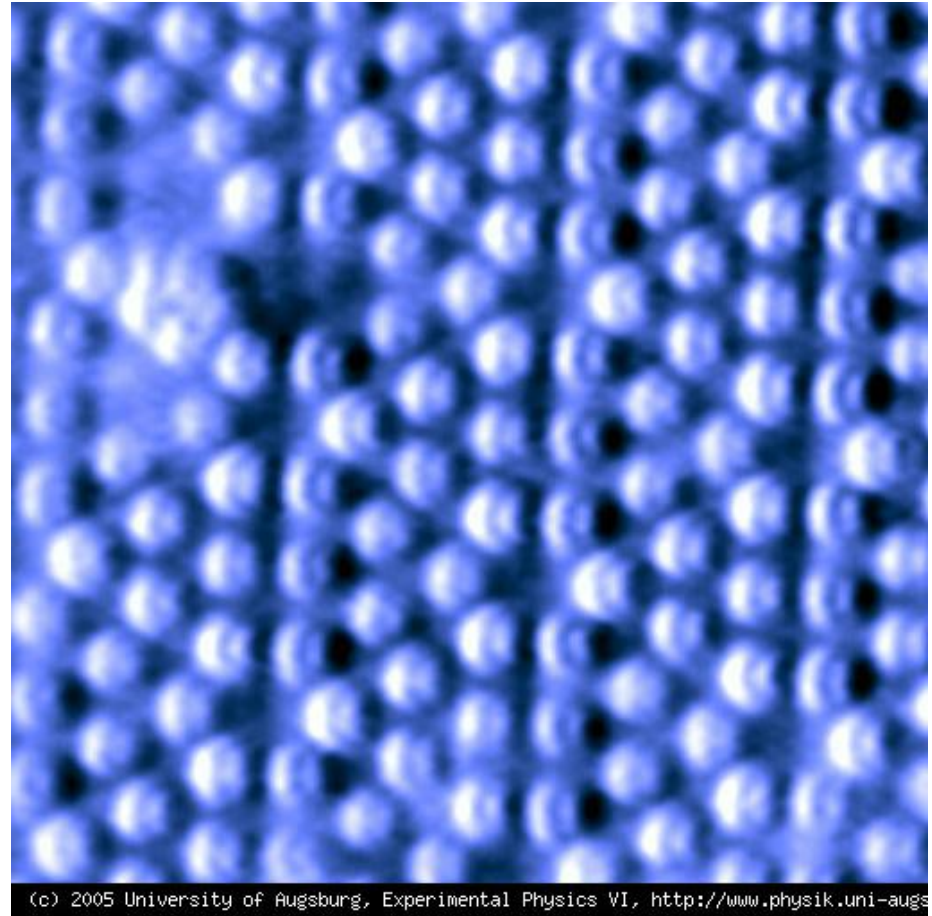
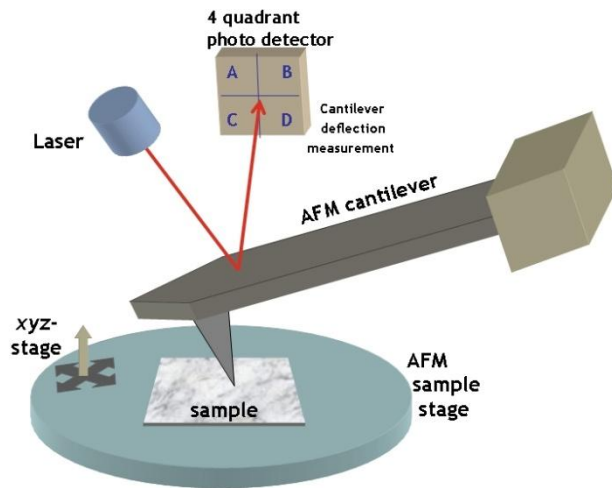


Figure 8: Ingot A hypereutectoid region, Widmanstätten cementite in pearlite. SEM micrograph. Nital etch. Magnification 1050x.



# Методы получения изображения (атомно-силовая микроскопия)



# Методы определения химического состава

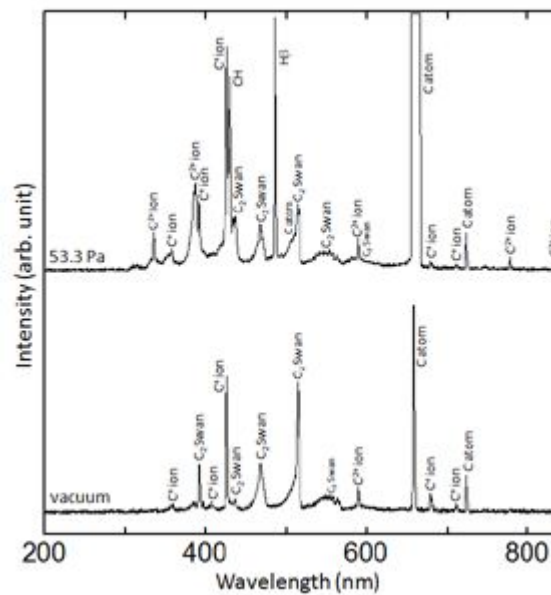


Химический состав в % материала VT20

Fe	C	Si	Mo	V	N	Ti	Al	Zr	O	H	Примесей
до 0.3	до 0.1	до 0.15	0.5 - 2	0.8 - 2.5	до 0.05	84.938 - 91.7	5.5 - 7	1.5 - 2.5	до 0.15	до 0.012	прочих 0.3

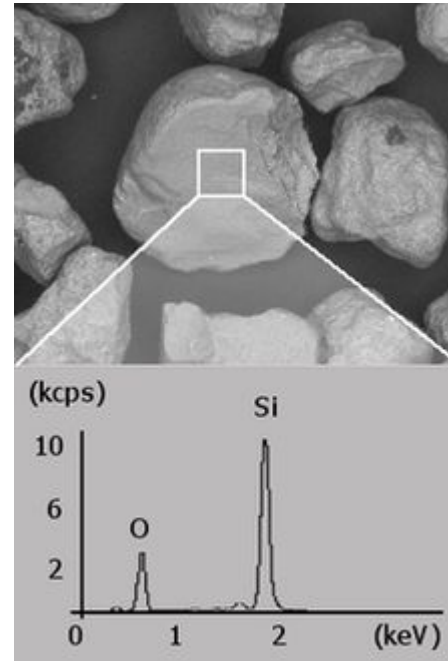
Примечание: Ti - основа; процентное содержание Ti дано приблизительно

# Методы определения элементного состава

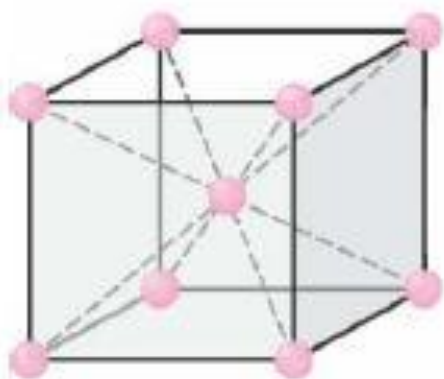




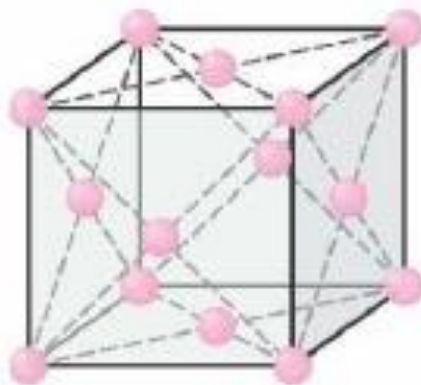
# Методы определения элементного состава



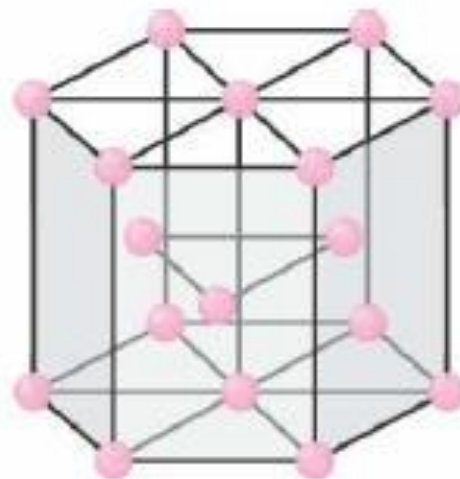
# Методы определения кристаллической структуры



BCC

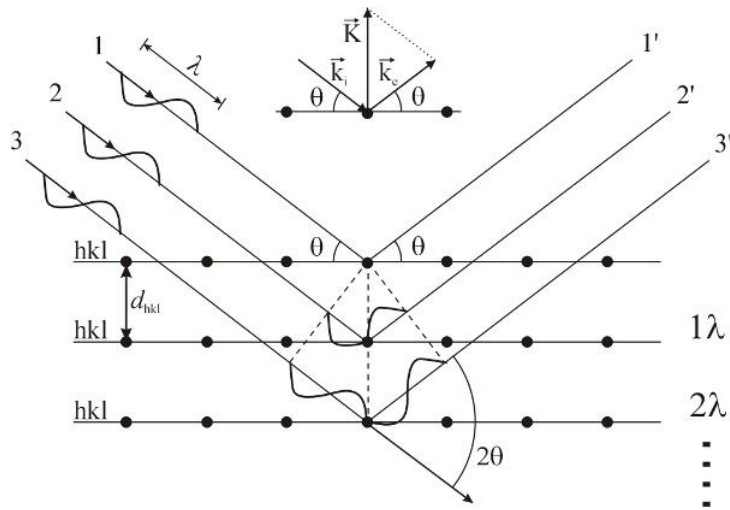


FCC



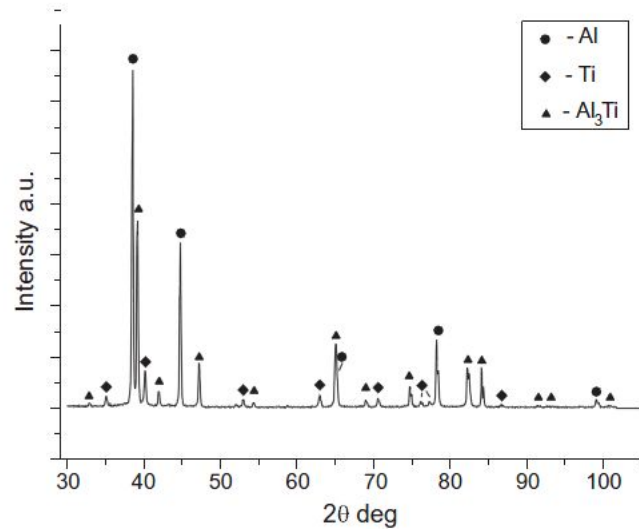
HCP

# Методы определения кристаллической структуры

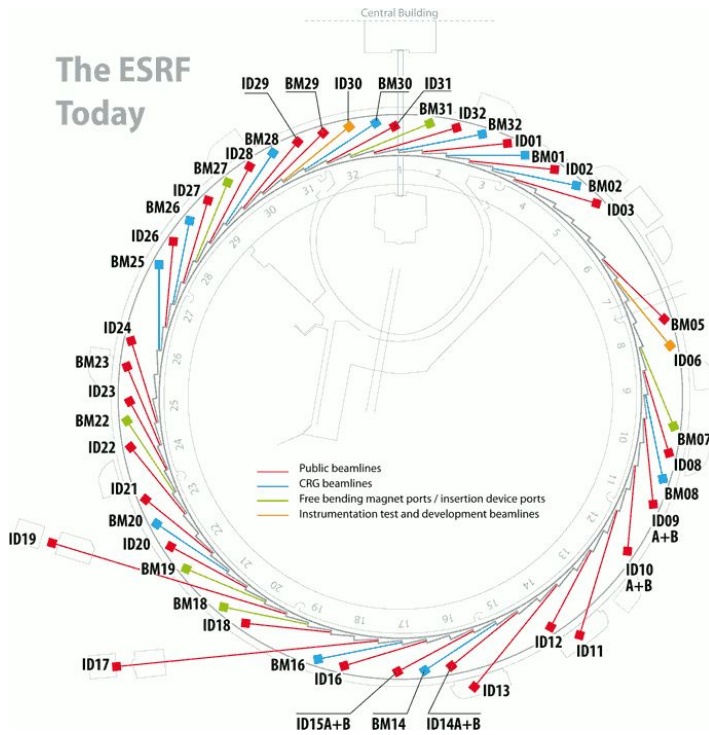


$$n\lambda = 2d \sin\theta$$

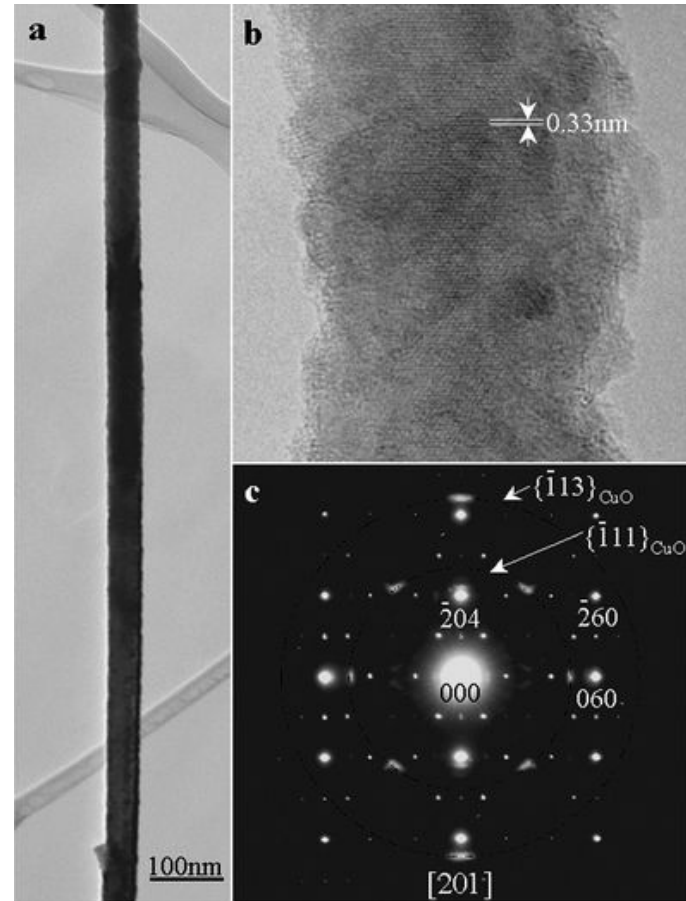
# Методы определения кристаллической структуры



# Методы определения кристаллической структуры



# Методы определения кристаллической структуры



# Концепция исследования материалов в общем виде

