

# ФОТОЭМИССИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Соловова Надежда Юрьевна

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова, Новосибирск

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Владимир Андреевич Голяшов

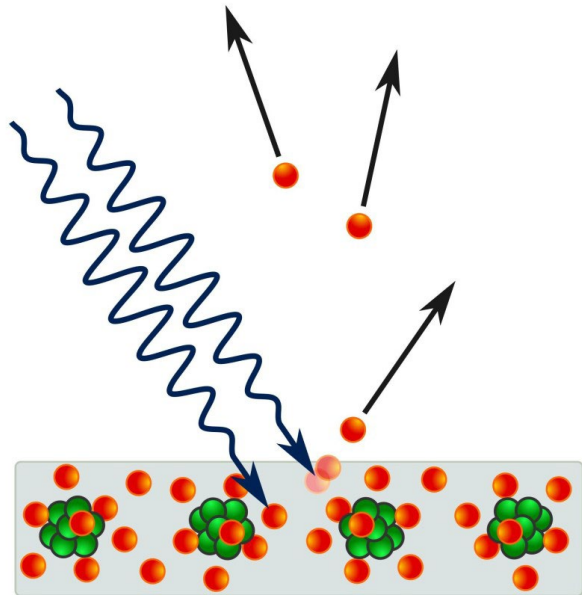


**N\*** Новосибирский  
государственный  
университет  
**\*НАСТОЯЩАЯ НАУКА**

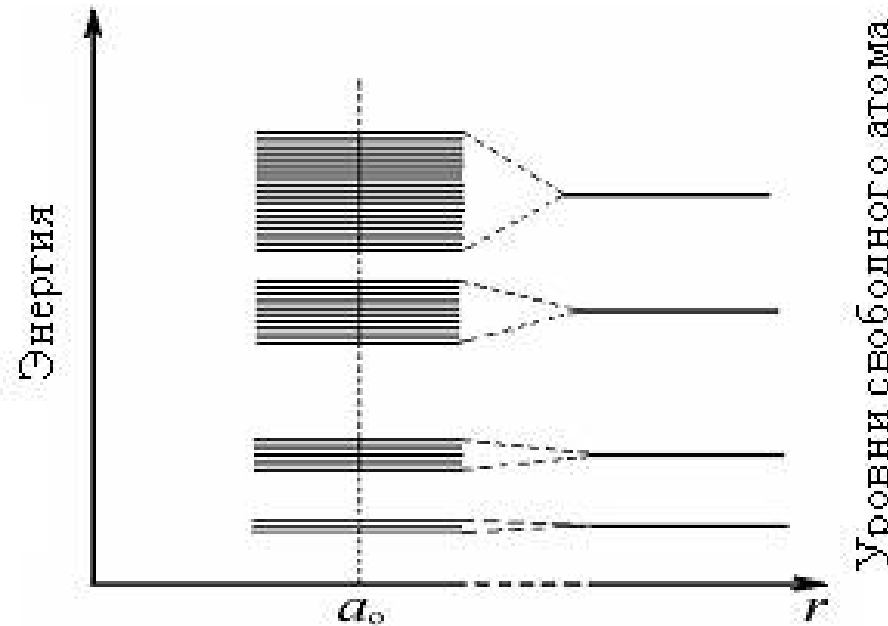
# Содержание доклада

- Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия
- Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением
- Оборудование
- Рост плёнок  $\text{Bi/InAs}(111)\text{A}$  и исследование их кристаллической и электронной структуры

# Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия



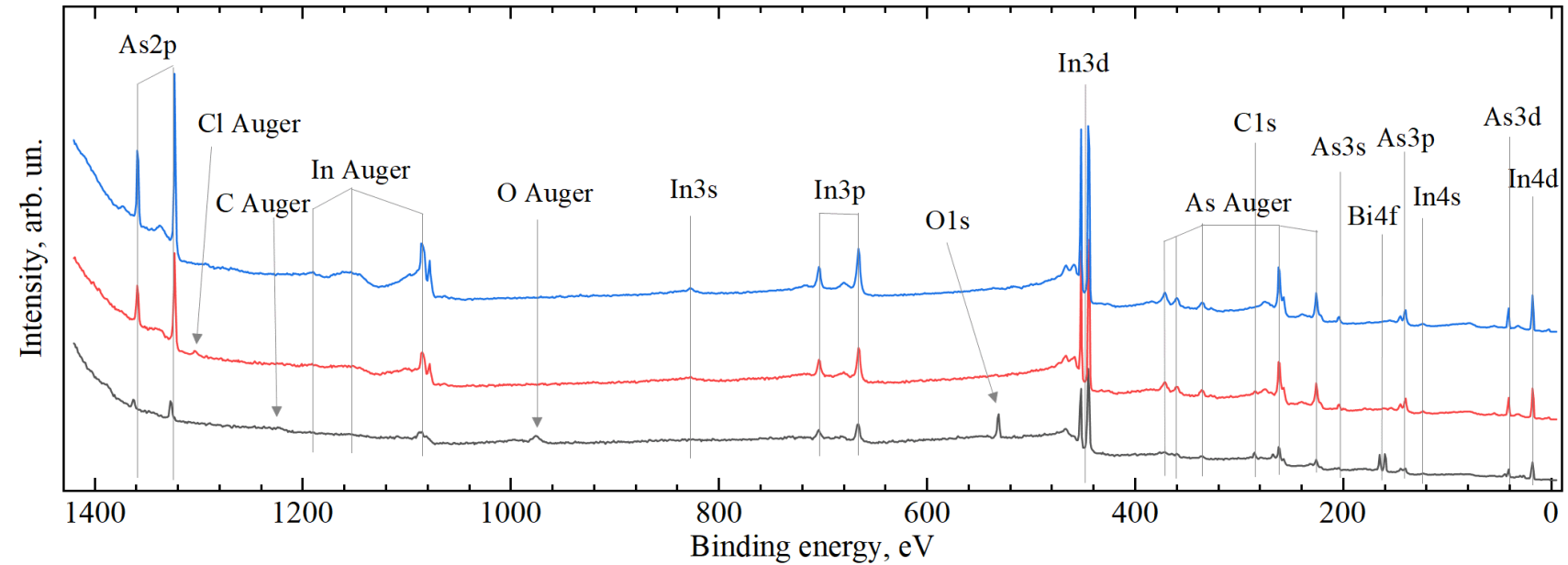
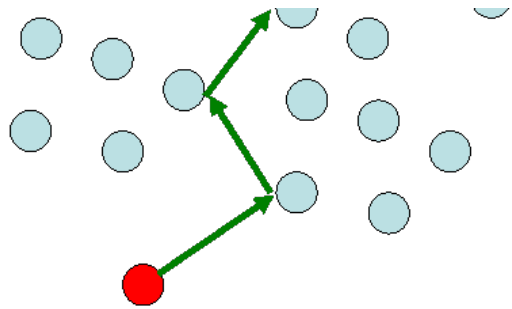
$$E_{kin} = \hbar\omega - \phi - E_b$$



Что можно изучать?

- Элементный состав
- Химическое состояние атомов на поверхности
- Контроль роста тонких плёнок (оценка толщины, анализ механизма роста)

# Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия



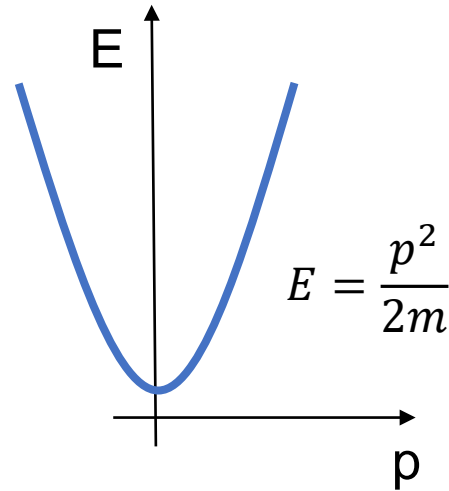
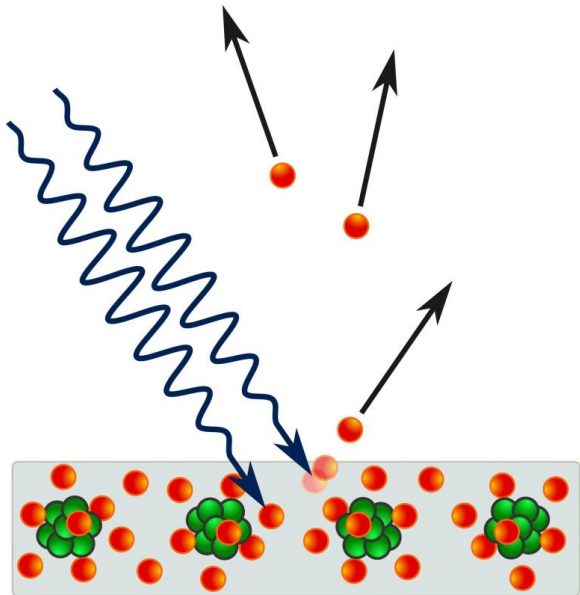
Что можно изучать?

- Элементный состав
- Химическое состояние атомов на поверхности
- Контроль роста тонких плёнок (оценка толщины, анализ механизма роста)

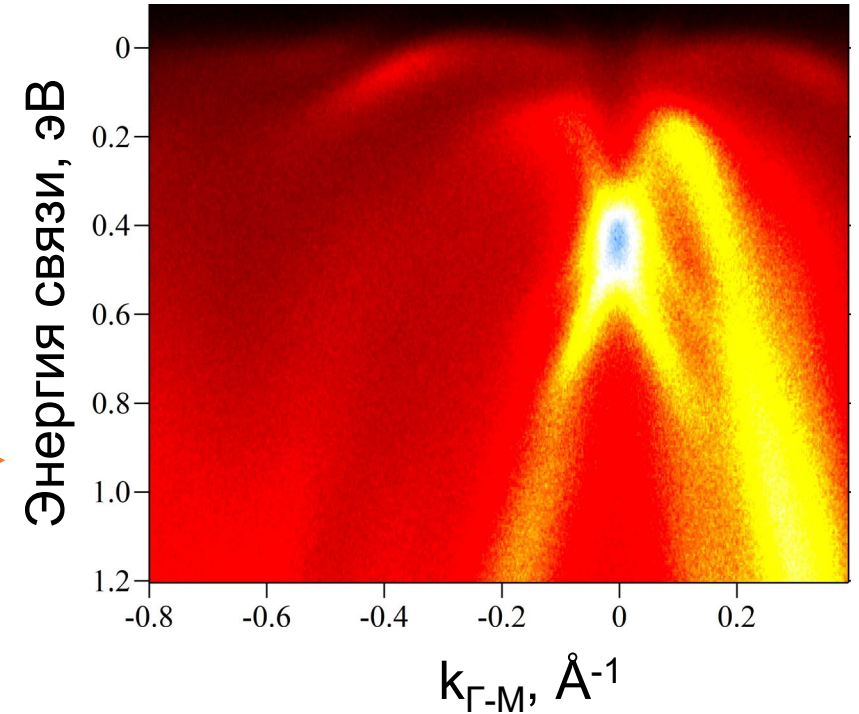
# Фотоэлектронная спектроскопия с угловым разрешением

$$E_{kin} = \hbar\omega - \phi - E_b$$

$$\hbar k_{||} = \sqrt{2mE_{kin} \sin\theta}$$

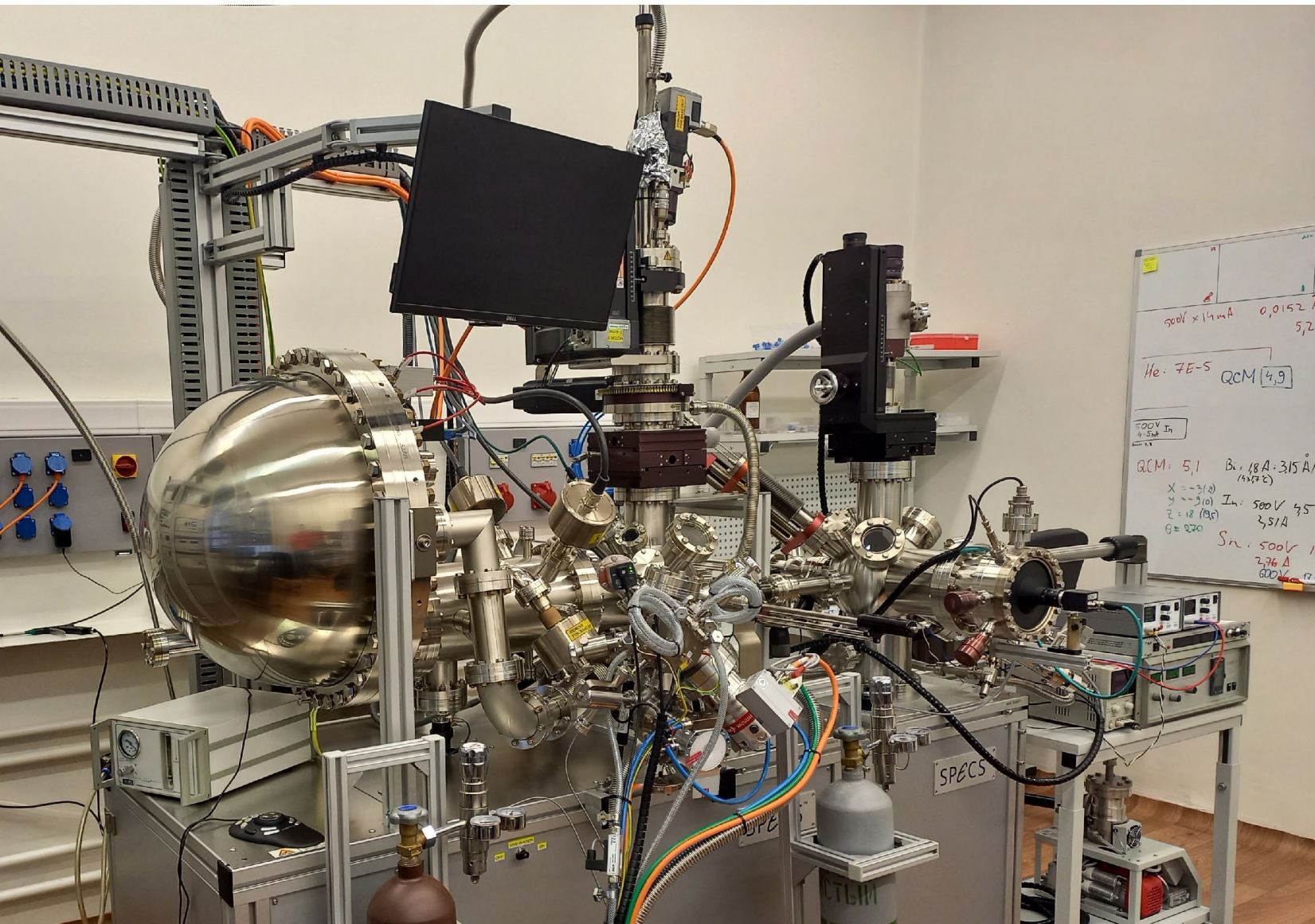


Дисперсионная зависимость  
свободного электрона



Дисперсионная зависимость  
электрона в твёрдом теле

Изучение электронной структуры твёрдых тел



# Лабораторная установка фотоэлектронной спектроскопии SPES Proven-X ARPES, ИФП СО РАН

Рентгеновское излучение:

1486,7 эВ

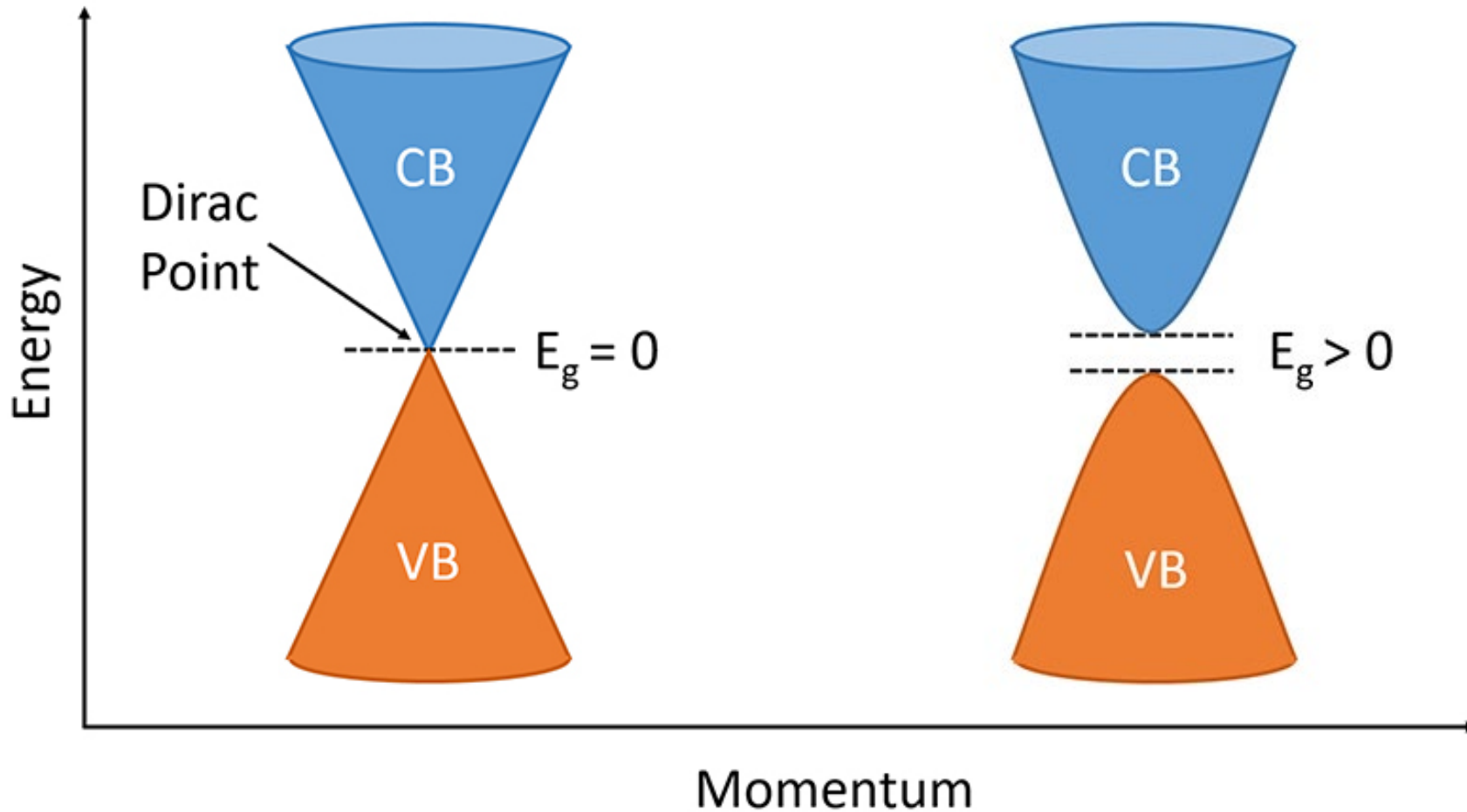
Ультрафиолетовое излучение:

21,2 эВ

# Задача. Изучение кристаллической и электронной структуры тонких плёнок Bi/InAs(111)A

Графен

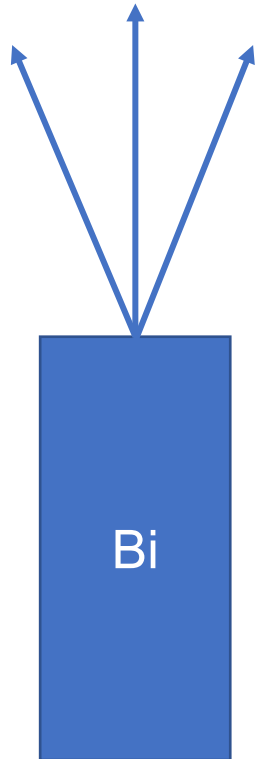
Графеноподобные материалы



CB – зона проводимости  
VB – валентная зона

# Рост плёнок Bi/InAs(111)A

Подложка InAs(111)A



## Подготовка поверхности InAs(111)A:

1. хим. обработка в HCl-ИПС (10 с), затем в ИПС (30 с)
2. Отжиг при температуре  $\sim 400^\circ\text{C}$  + травление ионами аргона (800 эВ)

## Рост плёнок Bi:

Bi осаждался из ячейки Кнудсена с фиксированной скоростью

температура осаждения



$\sim 20^\circ\text{C}$



$\sim 300^\circ\text{C}$

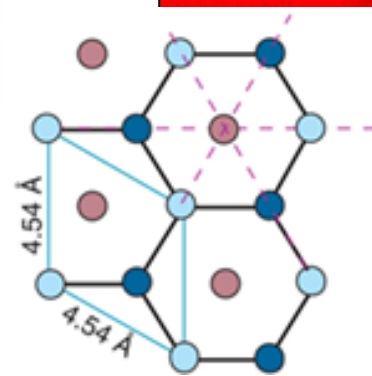
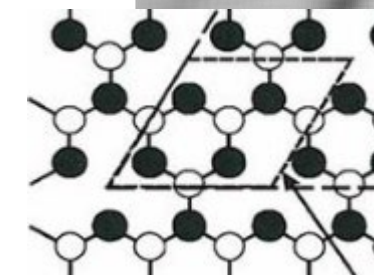
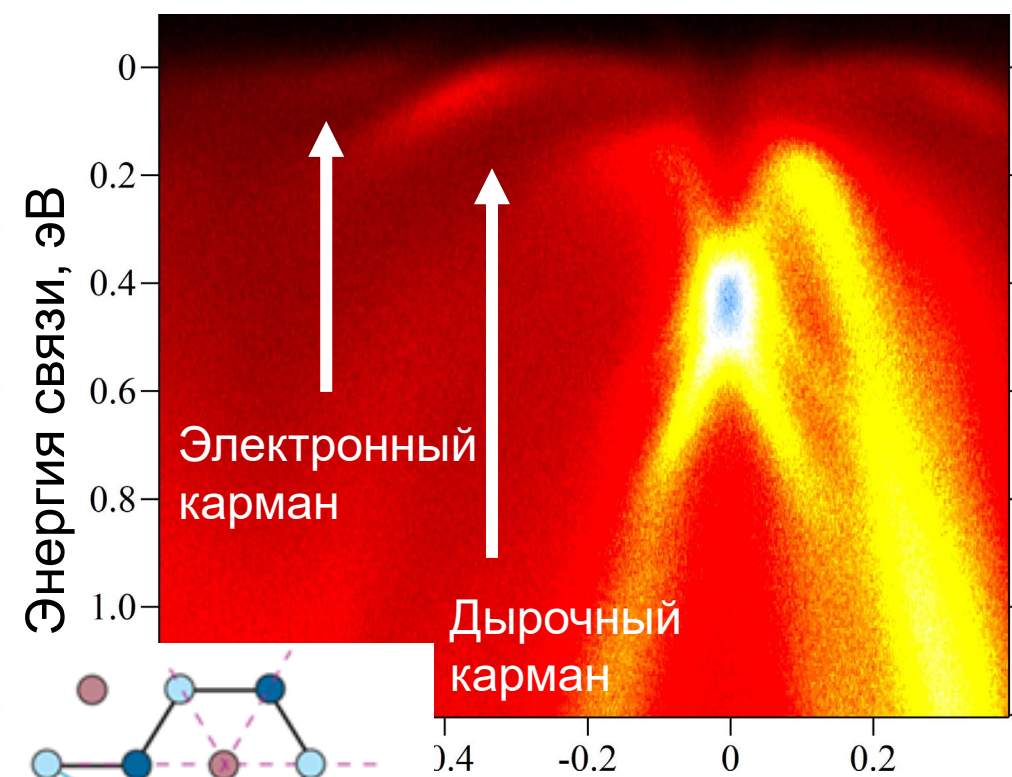
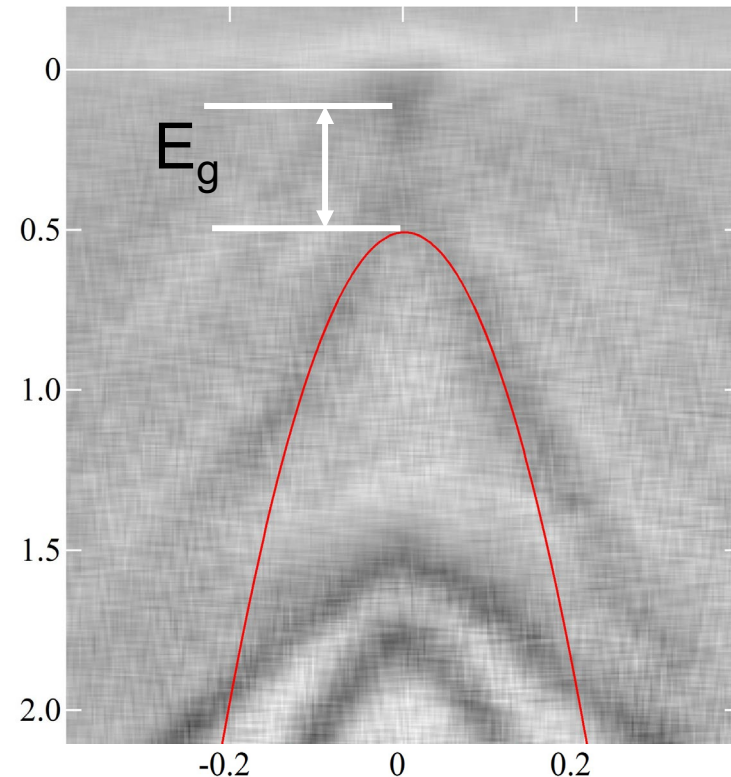
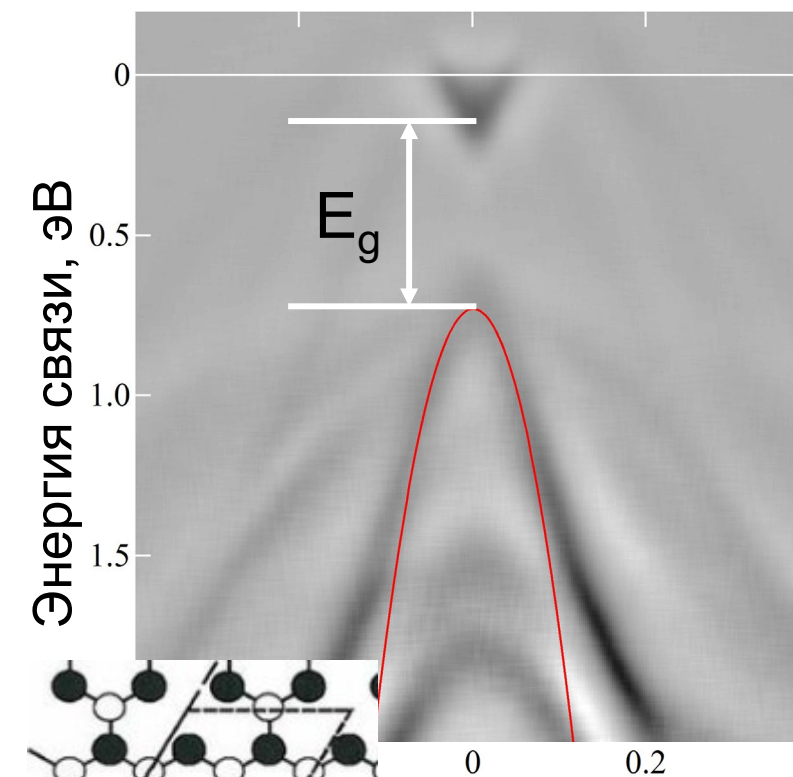


# Электронная структура плёнок Bi/InAs(111)A

InAs(111)A-(2x2)

Bi/InAs(111)A ~6 Å

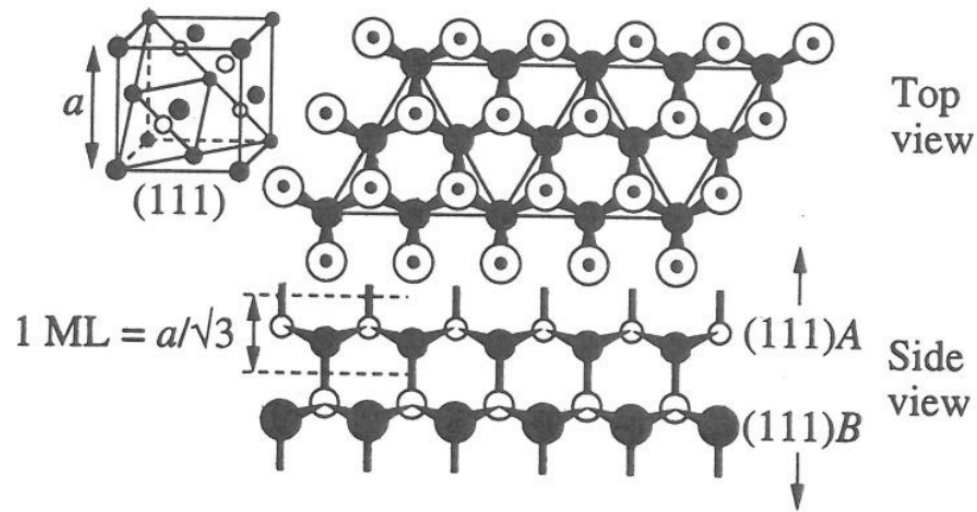
Bi/InAs(111)A ~40 Å



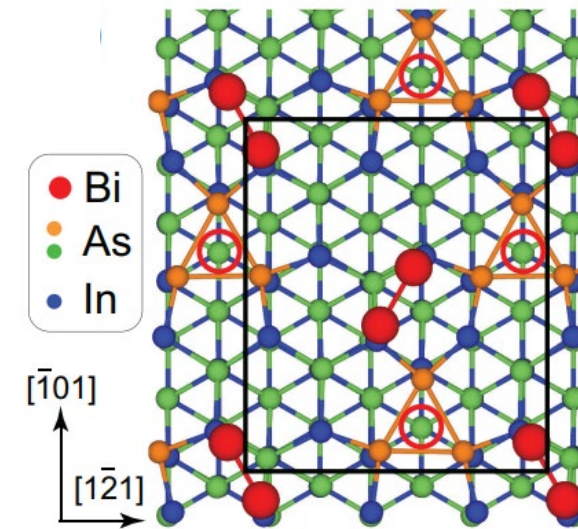
Температура подложки в процессе роста комнатная

# Кристаллическая структура плёнок Bi/InAs(111)A

InAs(111)A

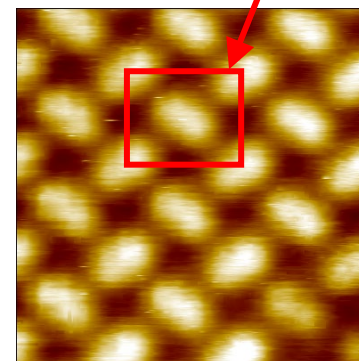


$(2\sqrt{3} \times 3)$ -Bi/InAs(111)A

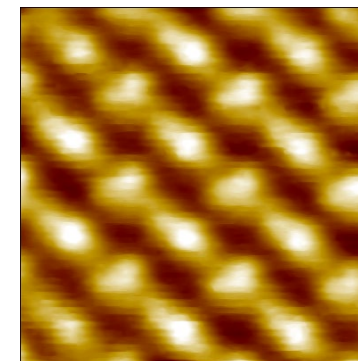


Ячейка  $(2\sqrt{3} \times 3)$   $15 \text{ \AA} \times 13 \text{ \AA}$

0.05 V



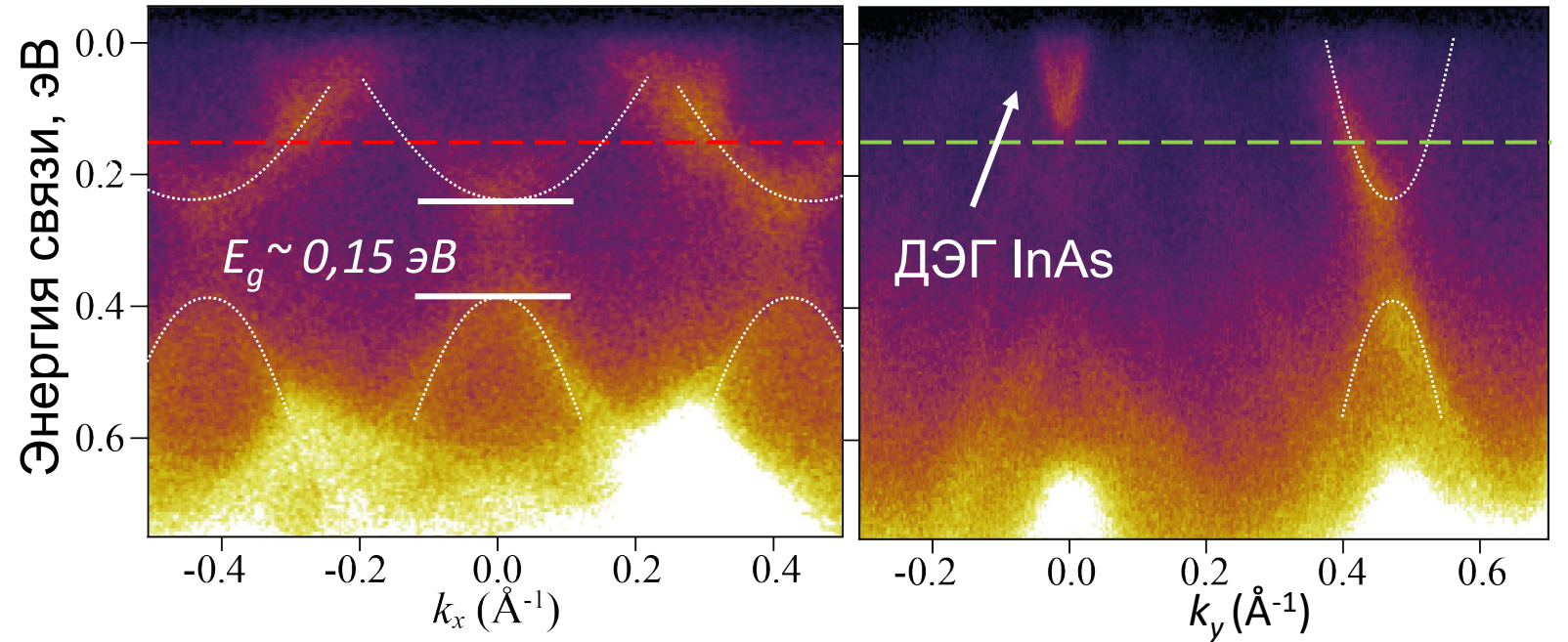
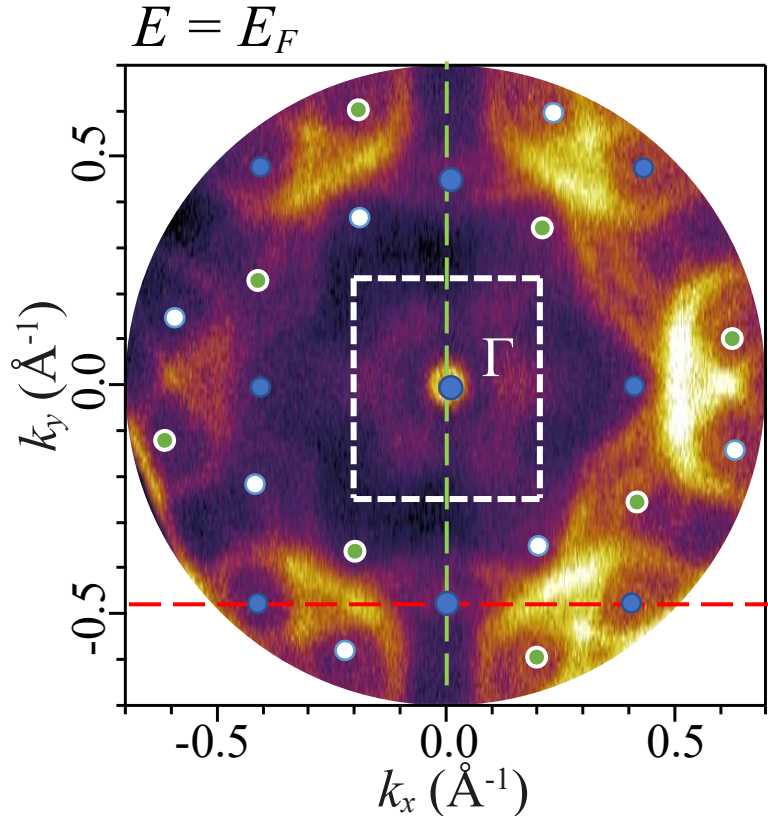
-0.05 V



Данные сканирующей  
туннельной микроскопии:

Температура подложки в процессе роста  $\sim 300^\circ\text{C}$

# Электронная структура плёнок Bi/InAs(111)A



Температура подложки в процессе роста  $\sim 300^\circ\text{C}$

Спасибо за внимание!

ФОТОЭМИССИОННЫЕ МЕТОДЫ  
ИЗУЧЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТВЁРДЫХ ТЕЛ

Соловова Надежда Юрьевна

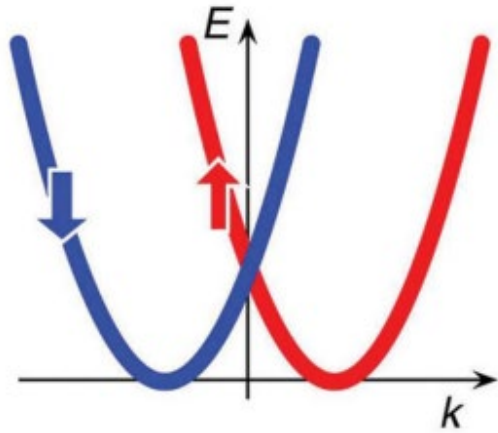
(n.solovova@g.nsu.ru)

Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

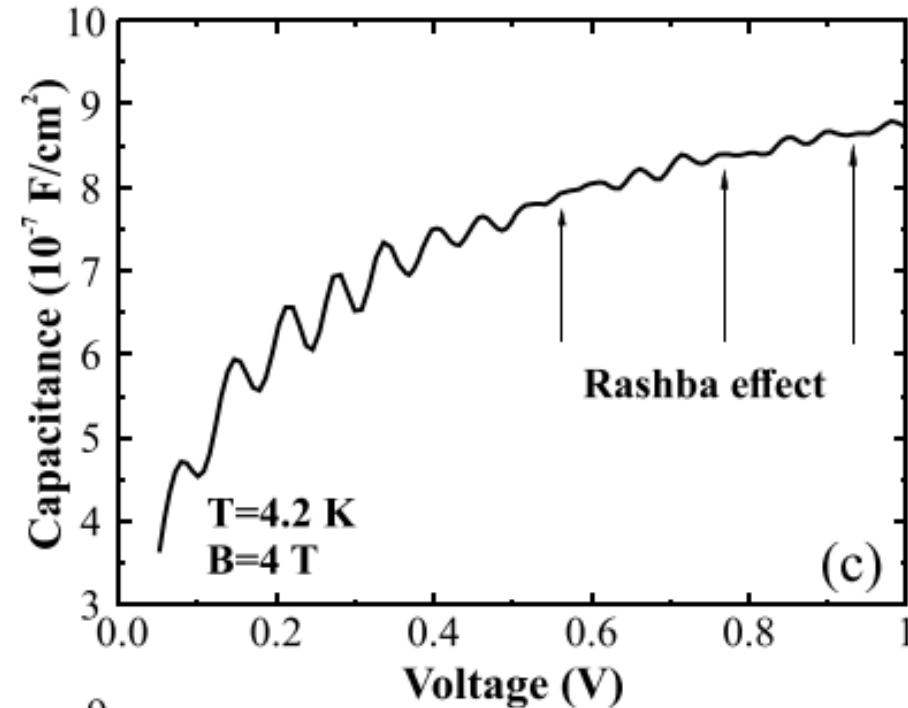
Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова, Новосибирск

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Владимир Андреевич Голяшов

# Спин-орбитальное взаимодействие в Bi/InAs(111)A

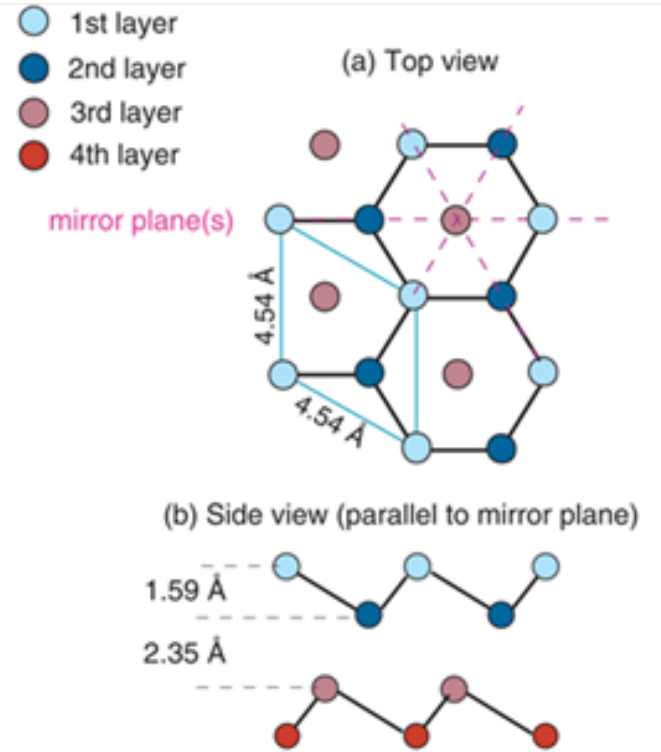
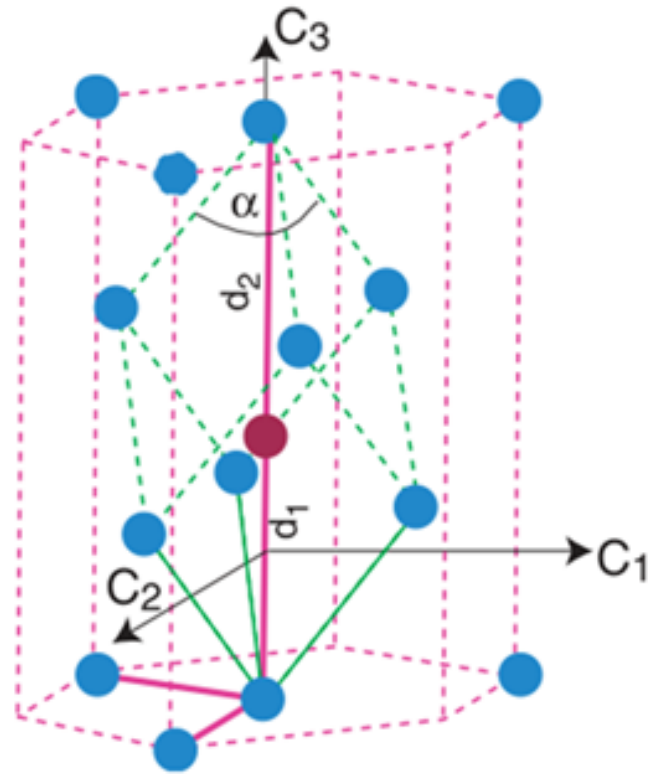


$$E = \frac{(\hbar k)^2}{2m} \pm \alpha \hbar k + E_0$$

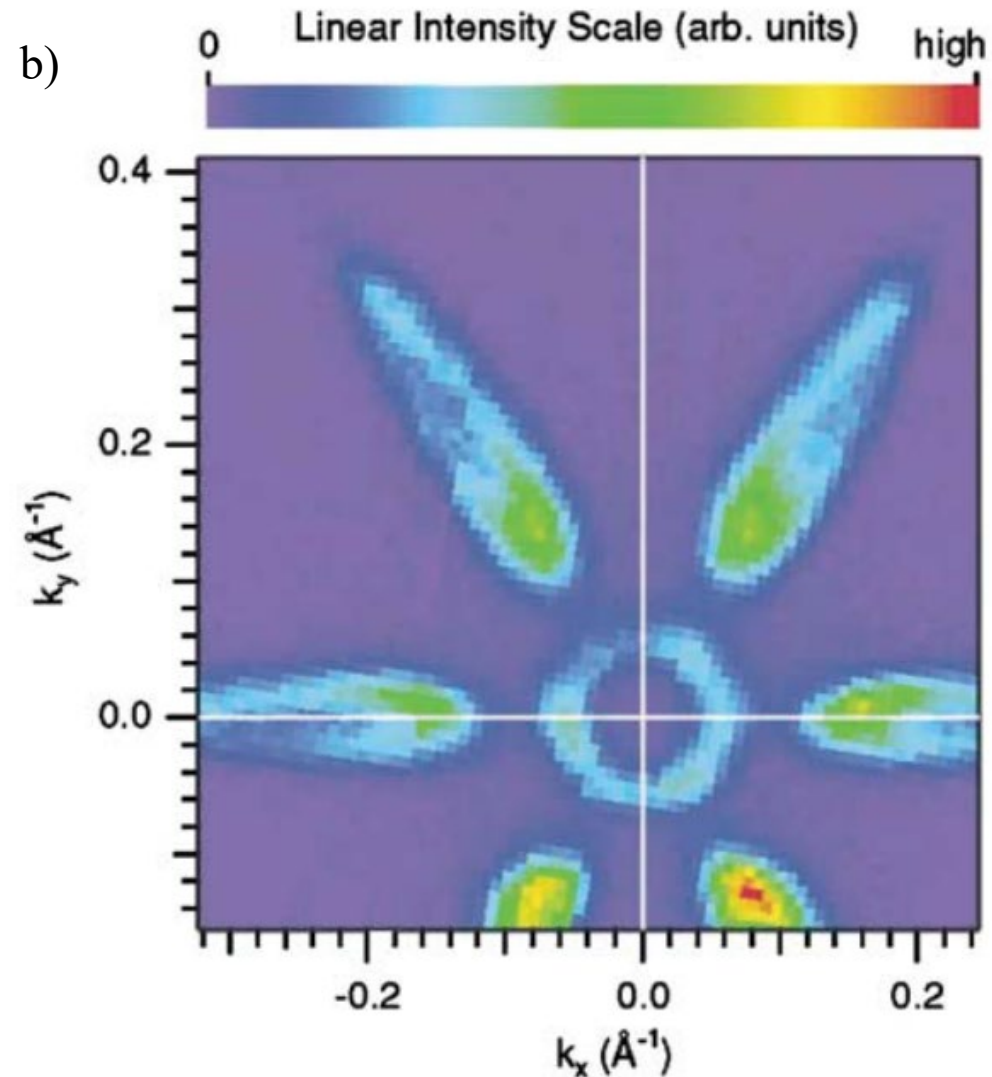
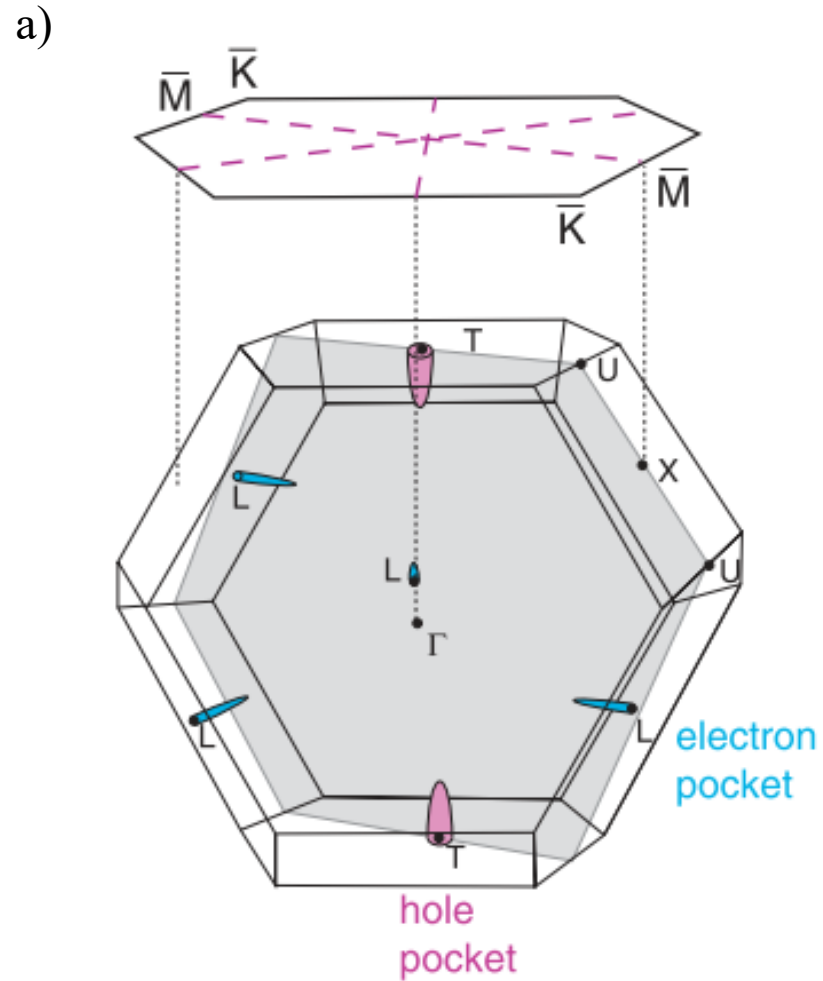


Влияние спин-орбитального взаимодействия Рашбы на вольт-фарадные характеристики

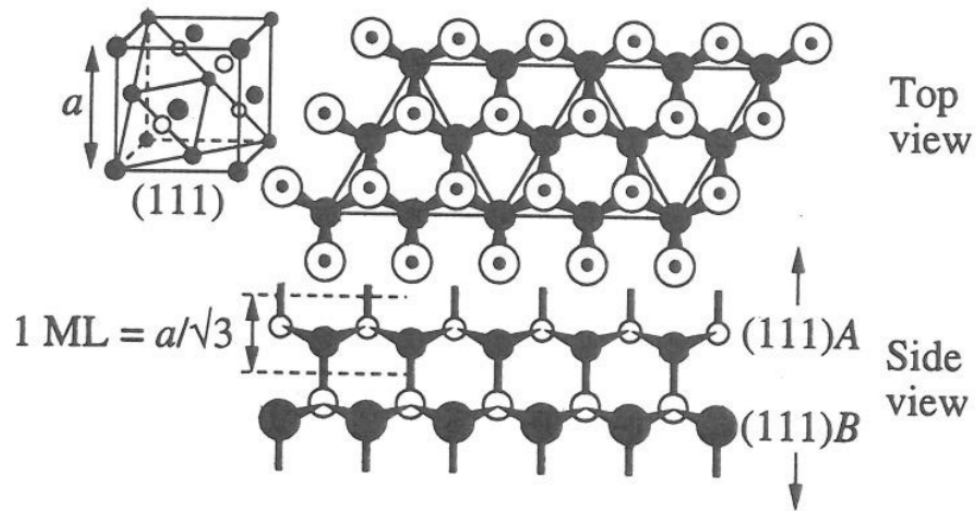
# Кристаллическая структура висмута



# Электронная структура поверхности $\text{Bi}(111)$

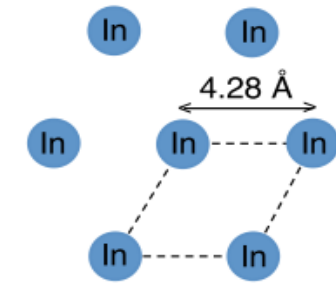


# Кристаллическая структура InAs(111)

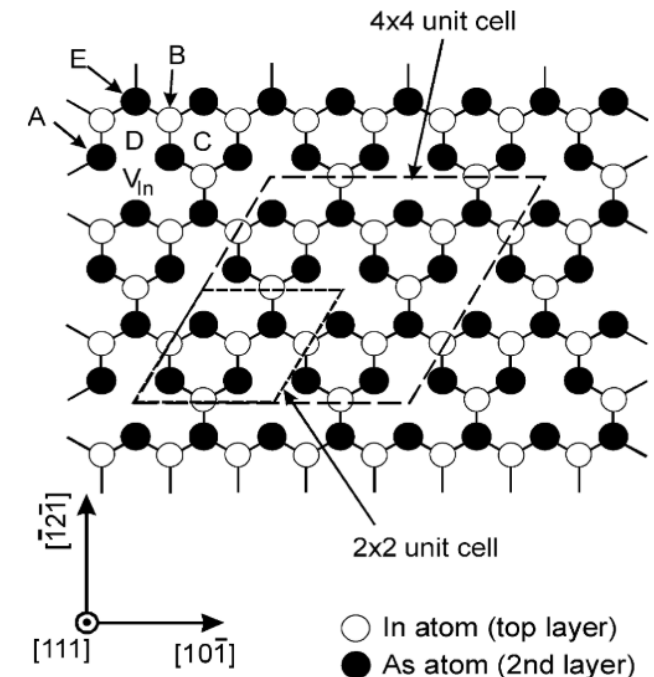


Нереконструированная поверхность InAs(111), постоянная решетки  $a = 6,06 \text{ \AA}$

Источники рисунков: Szamota-Leandersson K. «Electronic structure of clean and adsorbate-covered InAs surfaces»;  
Taguchi A., Kanisawa K. «Stable reconstruction and adsorbates of InAs (1 1 1) A surface»



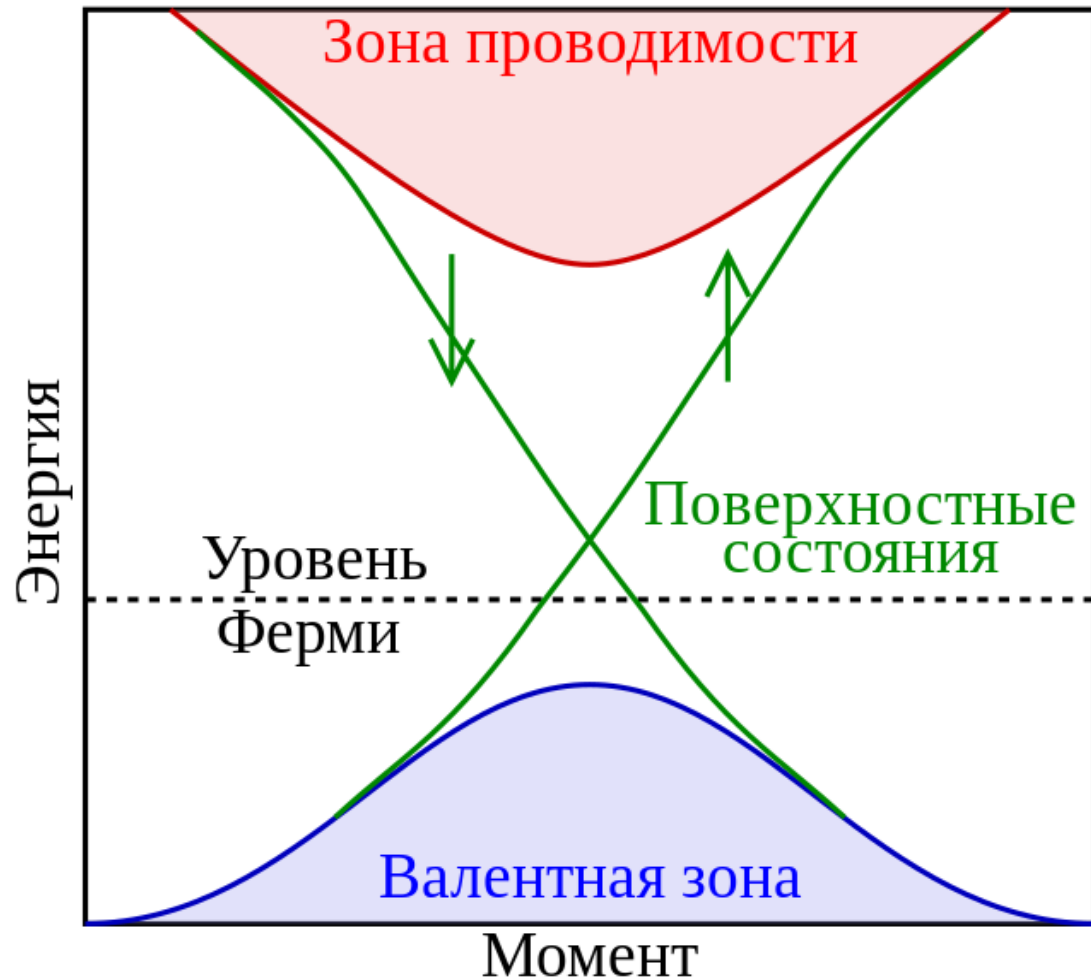
Пространственная решетка InAs(111)



Кристаллическая структура InAs(111)A(2x2)



# Топологические изоляторы



# РФЭС плёнок Bi/InAs(111)A

