

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

# Физические основы элементной базы электронно-вычислительных систем

Кафедра Интегральной электроники и микросистем

Лектор: Козлов Антон Викторович

# Напопительная балльная система по курсу КБ ЭВС

Приложение 1 (заполняется кафедрой и передается в ИОУП)

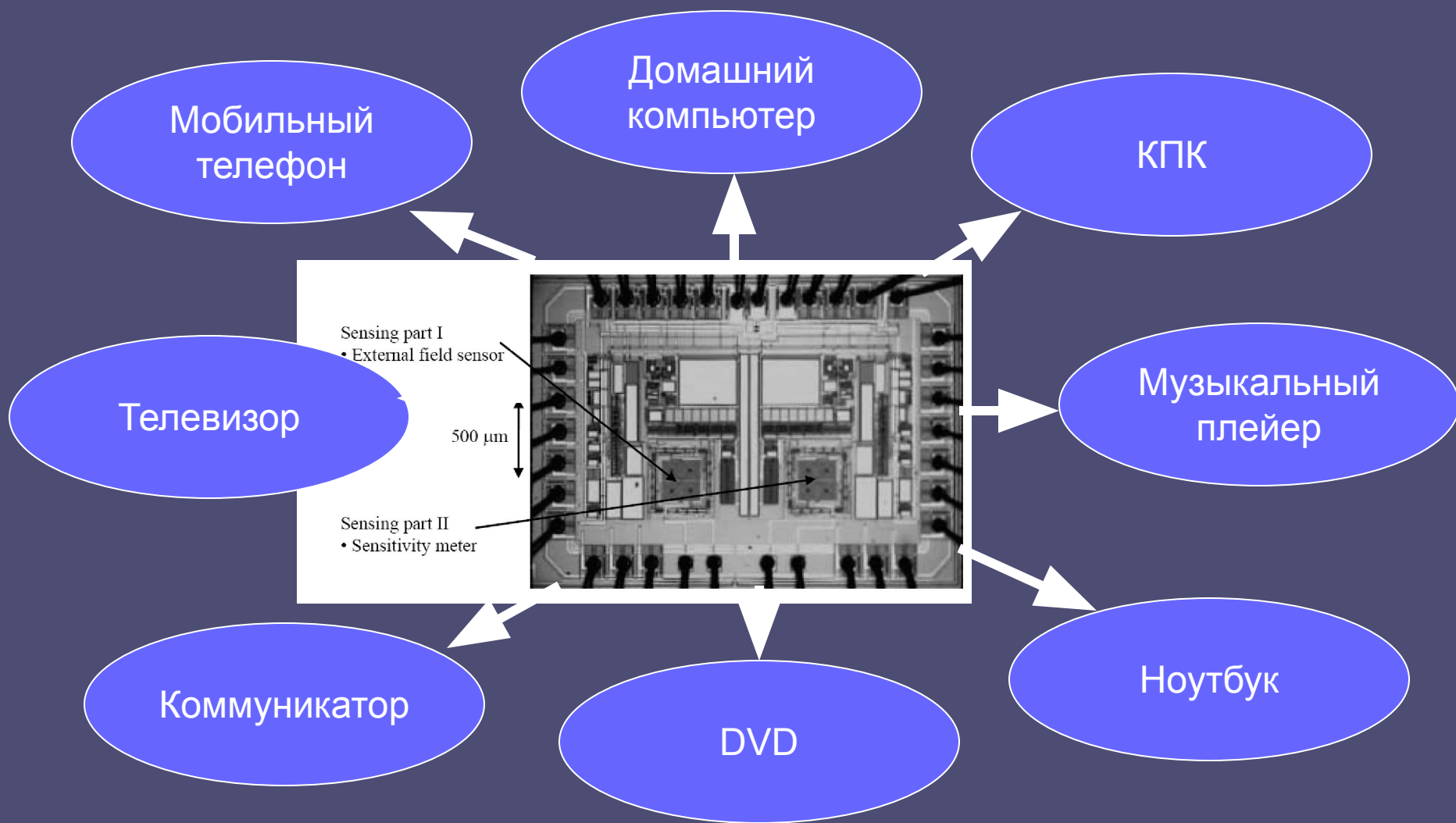
Структура и график контрольных мероприятий учебной дисциплины Компонентная база ЭВС

кафедры ИЭМС

Факультет Вечерний Курс 2 Группы 21-22 Учебный год 2012-13 Семестр 1

Номер отчета	Учебная неделя																	Сумма баллов	Сумма баллов в семестре	Балл на итоговом контроле (зачете)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17					
Отчет 1		T1		T2		T3																
максимальный балл		5		5		5															15	
минимальный положительный балл		3		3		3															9	
максимальный балл за посещаемость, активность на занятиях и т.д. за текущий период																	15					
минимальный положительный балл за посещаемость, активность на занятиях и т.д. за текущий период																	7					
Отчет 2		T1		T2		T3		T4		T5	ПК											
максимальный балл		5		5		5		5		5	5											30
минимальный положительный балл		3		3		3		3		3	3											18
максимальный балл за посещаемость, активность на занятиях и т.д. за текущий период																	15					
минимальный положительный балл за посещаемость, активность на занятиях и т.д. за текущий период																	7					
Отчет 3		T1		T2		T3		T4		T5	ПК	T6		T7		T8						
максимальный балл		5		5		5		5		5	5	5	5	5		5					45	
минимальный положительный балл		3		3		3		3		3	3	3	3	3		3					27	
максимальный балл за посещаемость, активность на занятиях и т.д. за текущий период																	15					
минимальный положительный балл за посещаемость, активность на занятиях и т.д. за текущий период																	7					
																	60	40				
																	34	16				

# Применение интегральных схем и микросистем в устройствах бытового назначения



# Проектирование и изготовление ИС и микросистем требует:

- 1) знание физики полупроводников и полупроводниковых приборов;
- 2) знание технологии изготовления п/п приборов и ИС;
- 3) знание схемотехнических решений формирования ИС;
- 4) применение современных САПР и умение работать на них.

# Курс состоит из двух частей:

- Физика полупроводников (зонная структура п/п, типы п/п, понятие носителей заряда, концентрация, подвижность и время жизни нз, плотность электронного и дырочного токов и т.д.);
- Физика полупроводниковых приборов (диод, биполярный тр-р, МДП и т.д.);

## Классификация веществ:

### Удельное сопротивление материалов:

- Металлы (  $10^{-6}$  -  $10^{-4}$  ) Ом\*см;
- Полупроводники (  $10^{-3}$  –  $10^9$  ) Ом\*см;
- Диэлектрики – (  $10^{10}$ - $10^{18}$  ) Ом\*см.

### Полупроводники (Si, Ge, GaAs):

химические элементы (Si, Ge, Se);

интерметаллические соединения (InSb, GaAs);

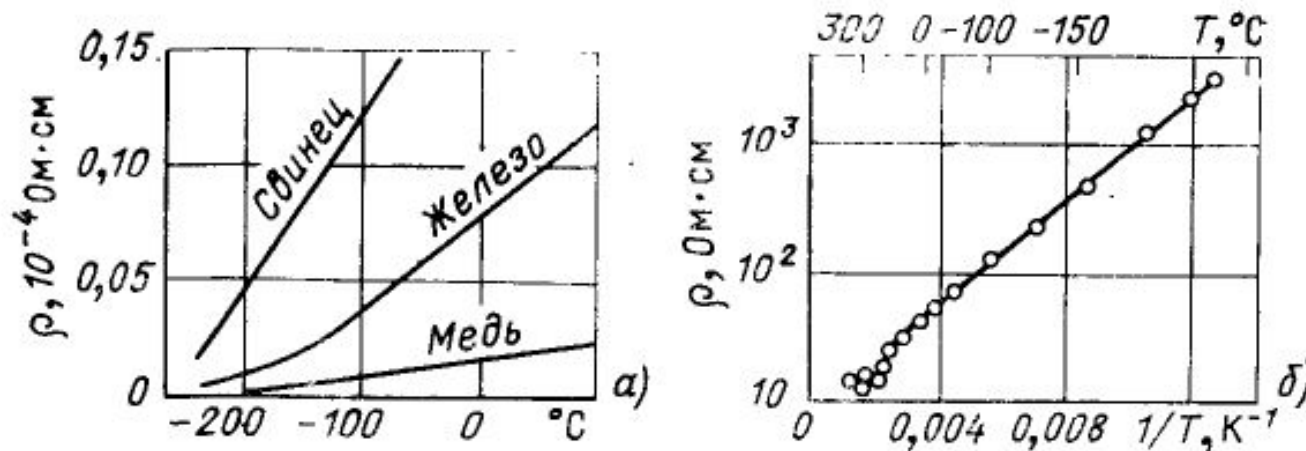
окислы (CuO<sub>2</sub>, ZnO);

карбиды (SiC);

сульфиды (CdS, ZnS) и т.д.

# Зависимость удельного сопротивления от температуры

Металлы	Полупроводники
С увеличением температуры сопротивление чистых металлов возрастает + (0,4 – 0,6)% на 1 град С	С увеличением температуры сопротивление чистых полупроводников снижается - (5 – 6)% на 1 град С



Зависимость удельного сопротивления металлов (а) и кремния (б) от температуры

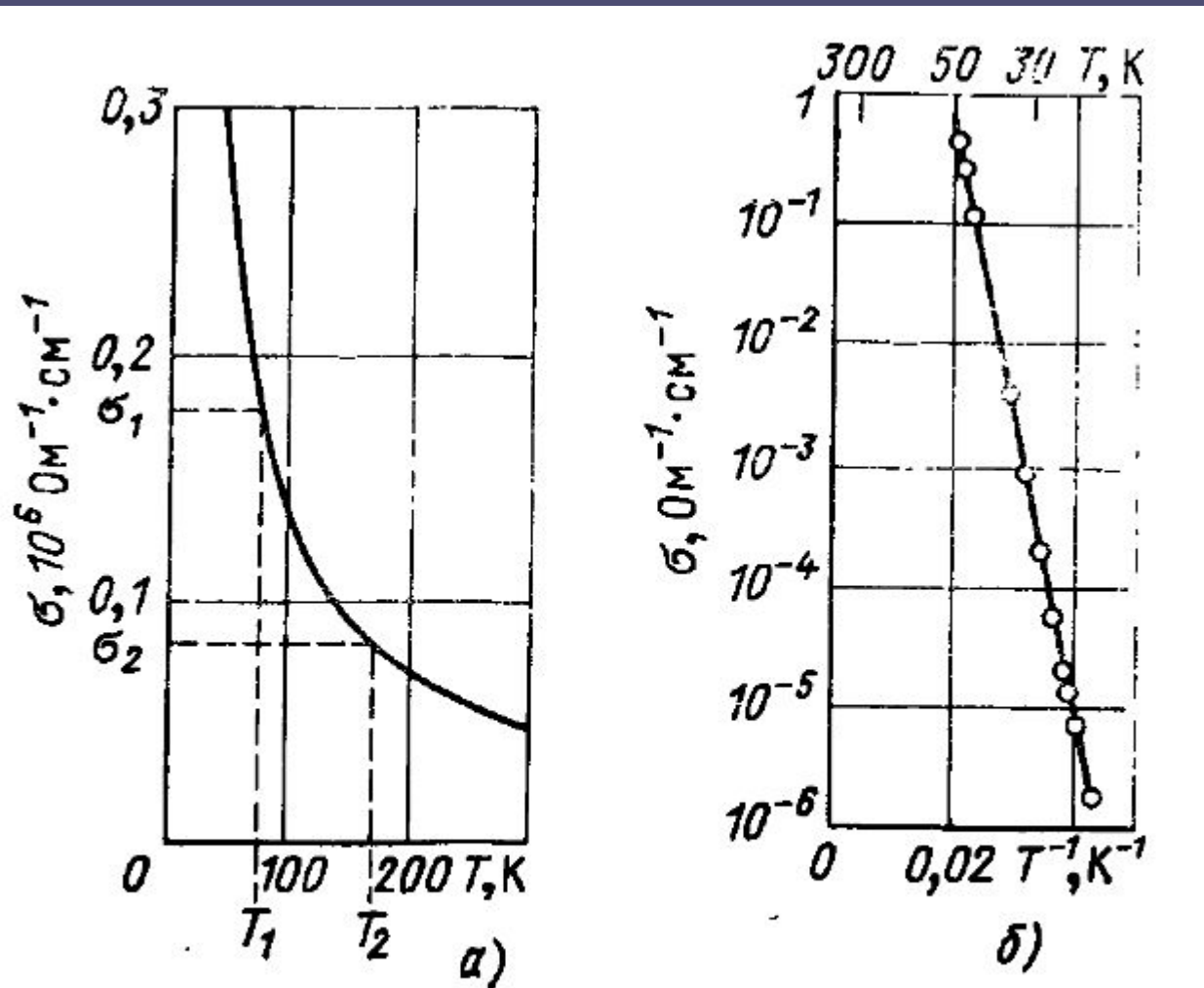
$$\rho = \rho_0(1 + \alpha t) = \frac{\rho_0}{T_0} T$$

$$\rho = \rho_0 e^{\beta/T};$$

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\beta/T},$$

$$\frac{\Delta\sigma}{\Delta T} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{T_2 - T_1} > 0.$$

# Зависимость удельной проводимости свинца и кремния от температуры



Зависимость удельной проводимости свинца (а) и кремния (б) от температуры



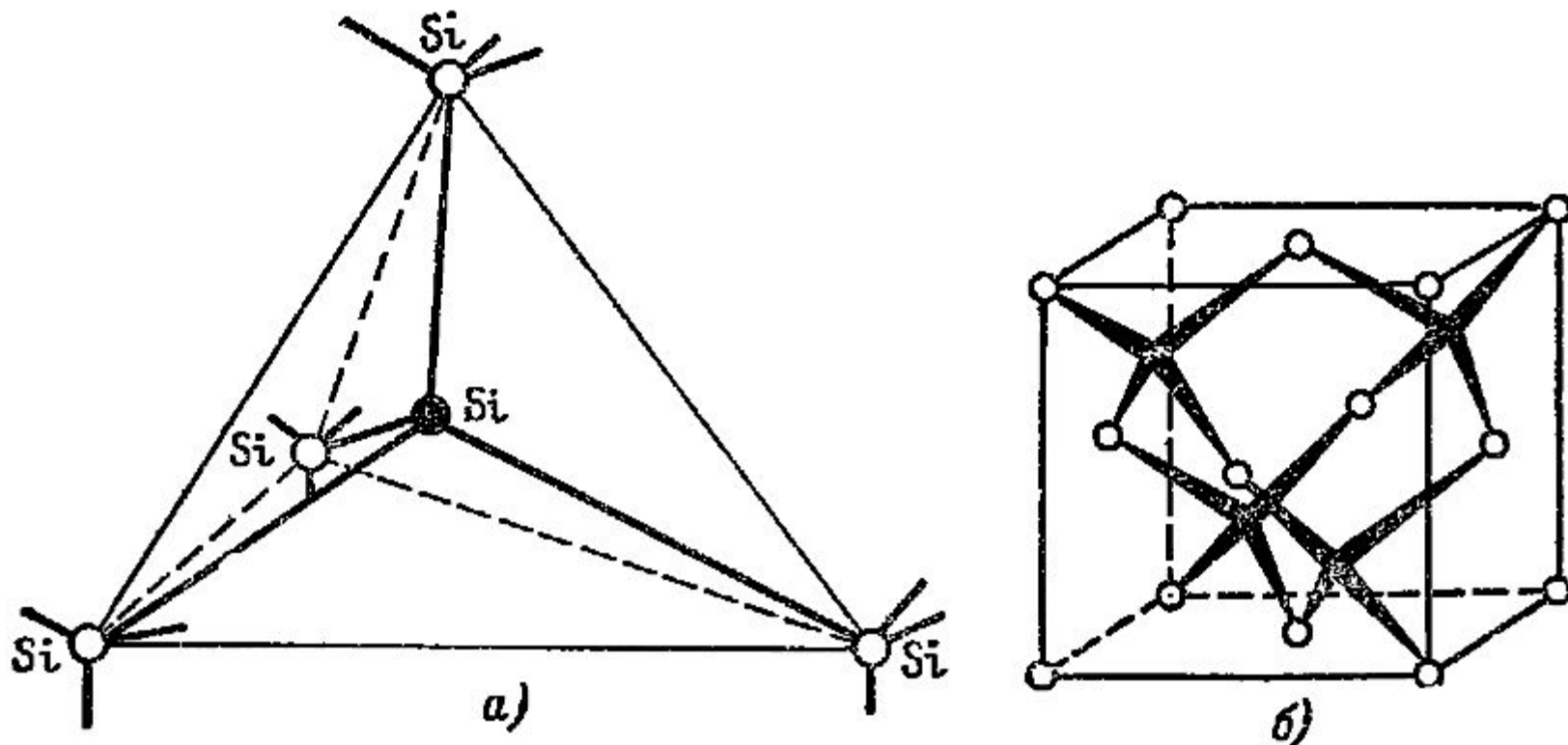
Использование кремния в качестве основного полупроводникового материала (преимущества)

- 1) Кремний доступен (отработанная технология получения и обработки);
- 2) Оксид кремния  $\text{SiO}_2$  – идеальный диэлектрик;
- 3) Кремниевая интегральная технология отработывалась более 45 лет.



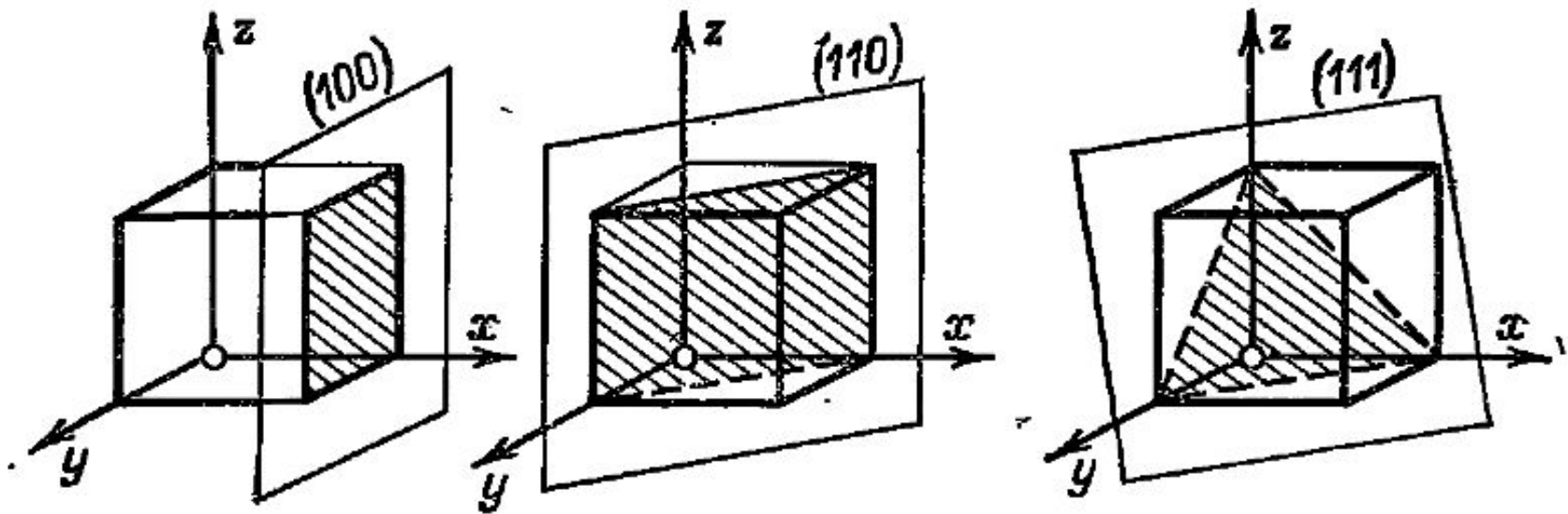


# Структура кристаллической решетки типа алмаз



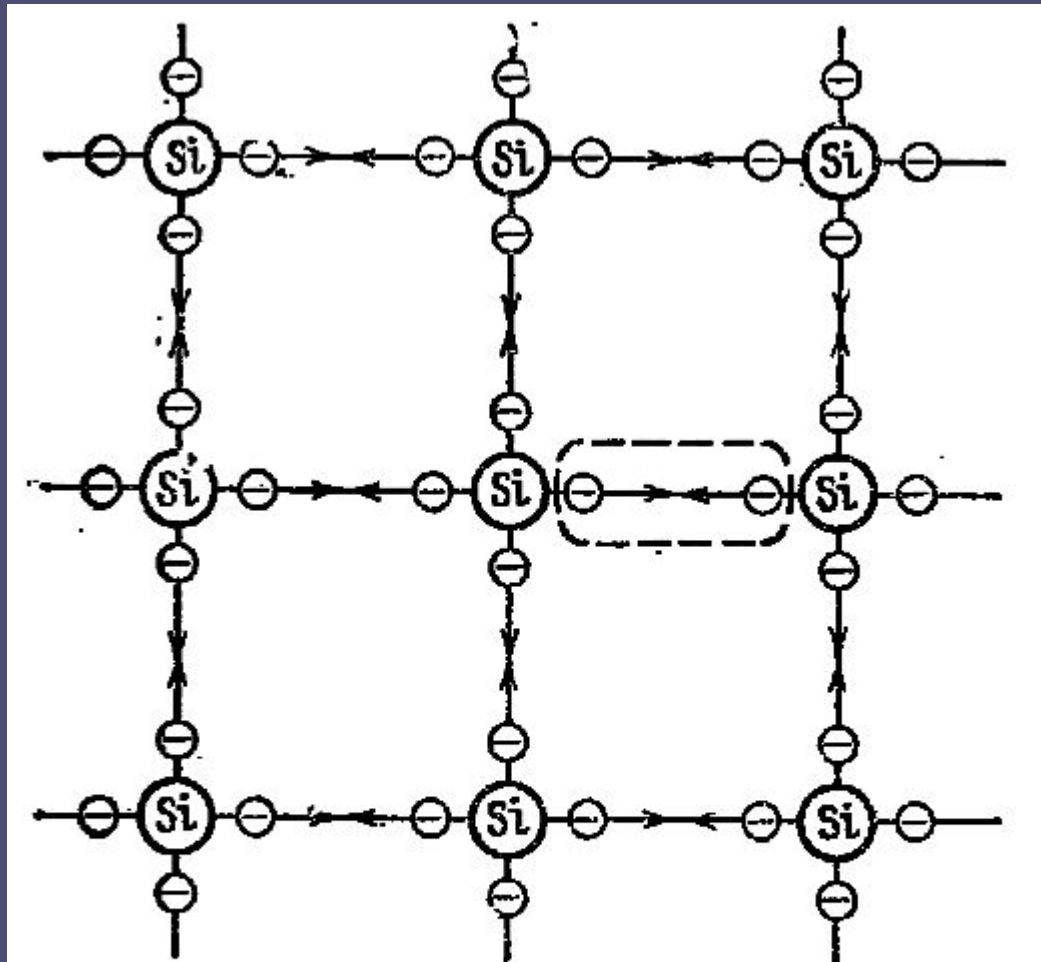
Тетраэдрическая структура кристаллической решетки.  
а — элементарный тетраэдр; б — элементарная ячейка.

# Анизотропия в кристаллах



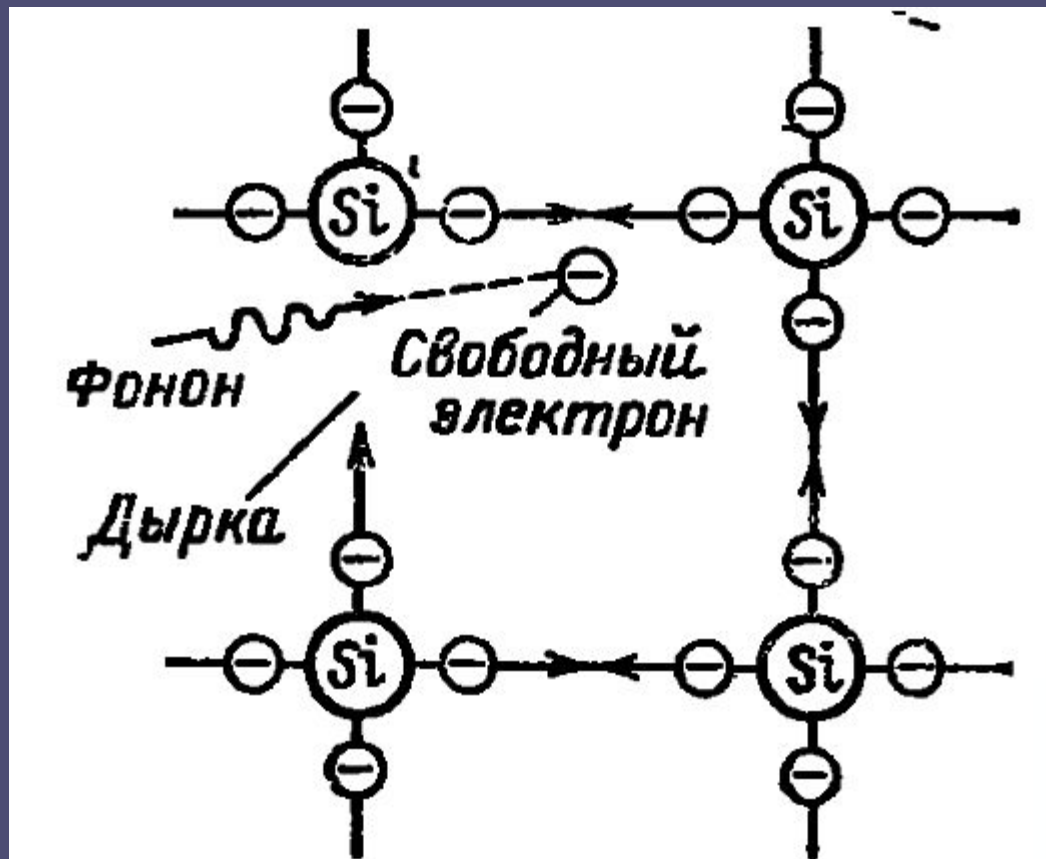
Характеристические плоскости кубической решетки.

# Связь атомов в решетке кремния



«Плоский» эквивалент тетраэдрической решетки с валентными связями атомов.

# Процесс образования пары электрон-дырка



Процесс образования пары электрон — дырка в решетке под действием фонона (или фотона).

# Схема движения дырки

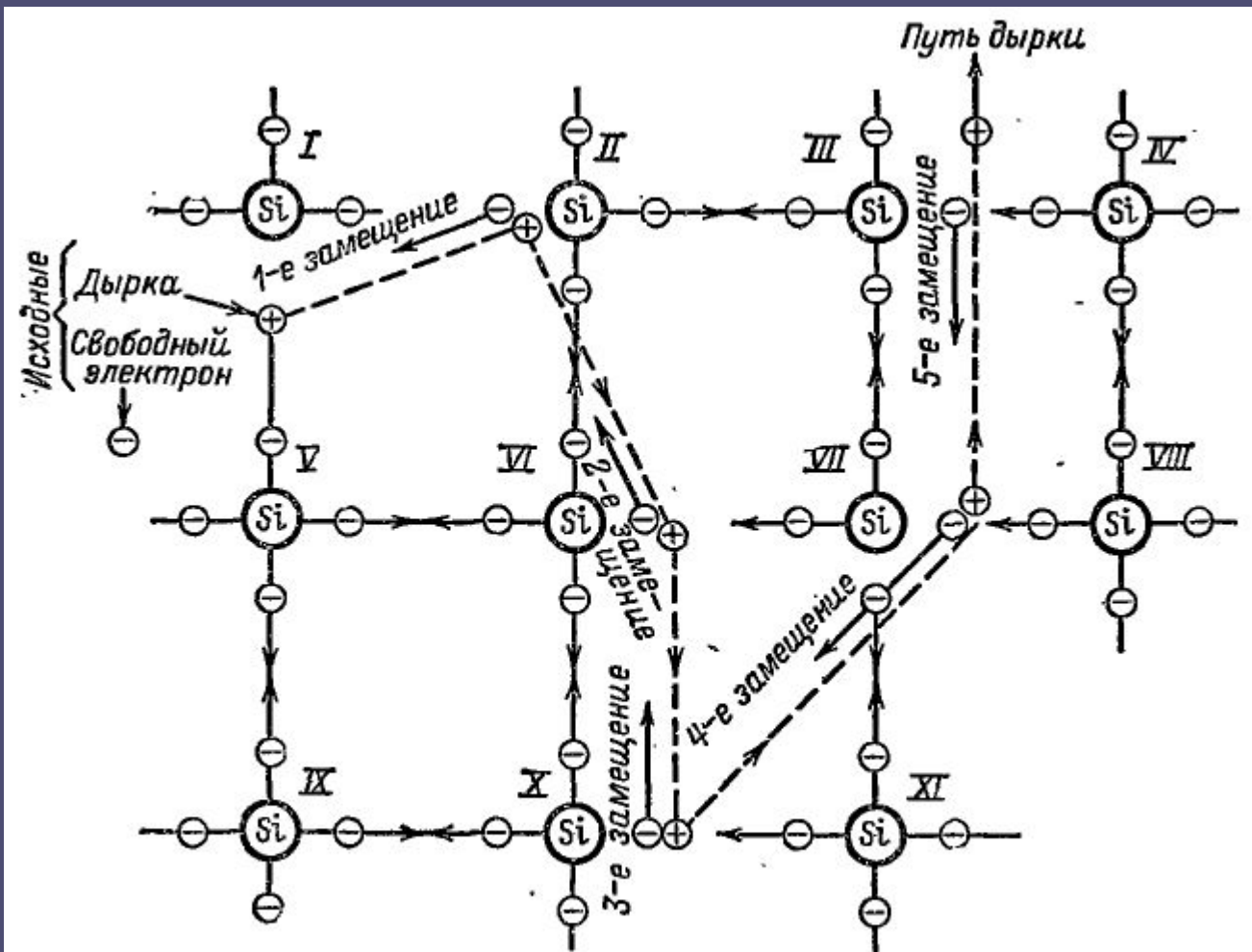
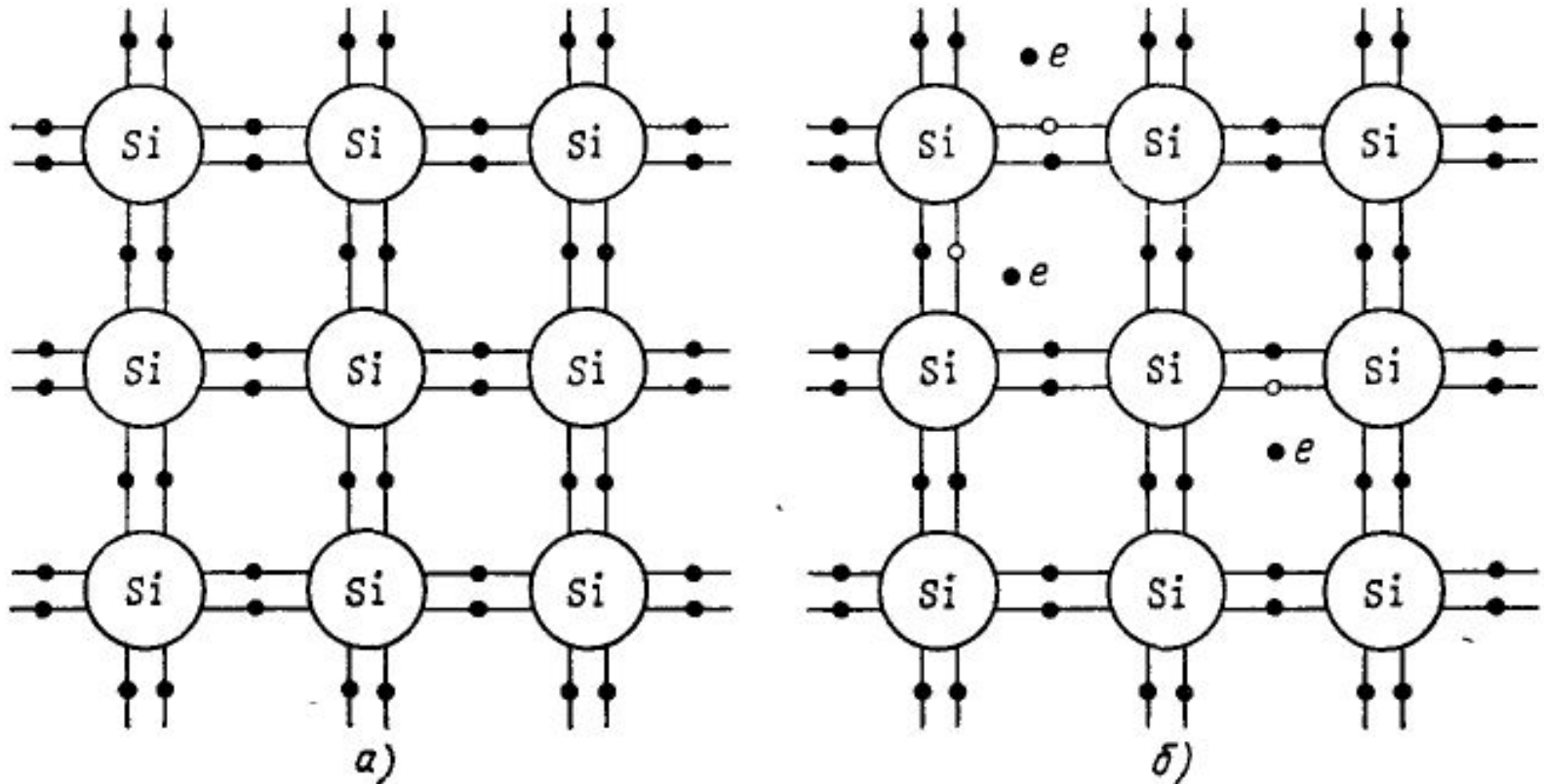


Схема движения свободной дырки в кристаллической решетке.

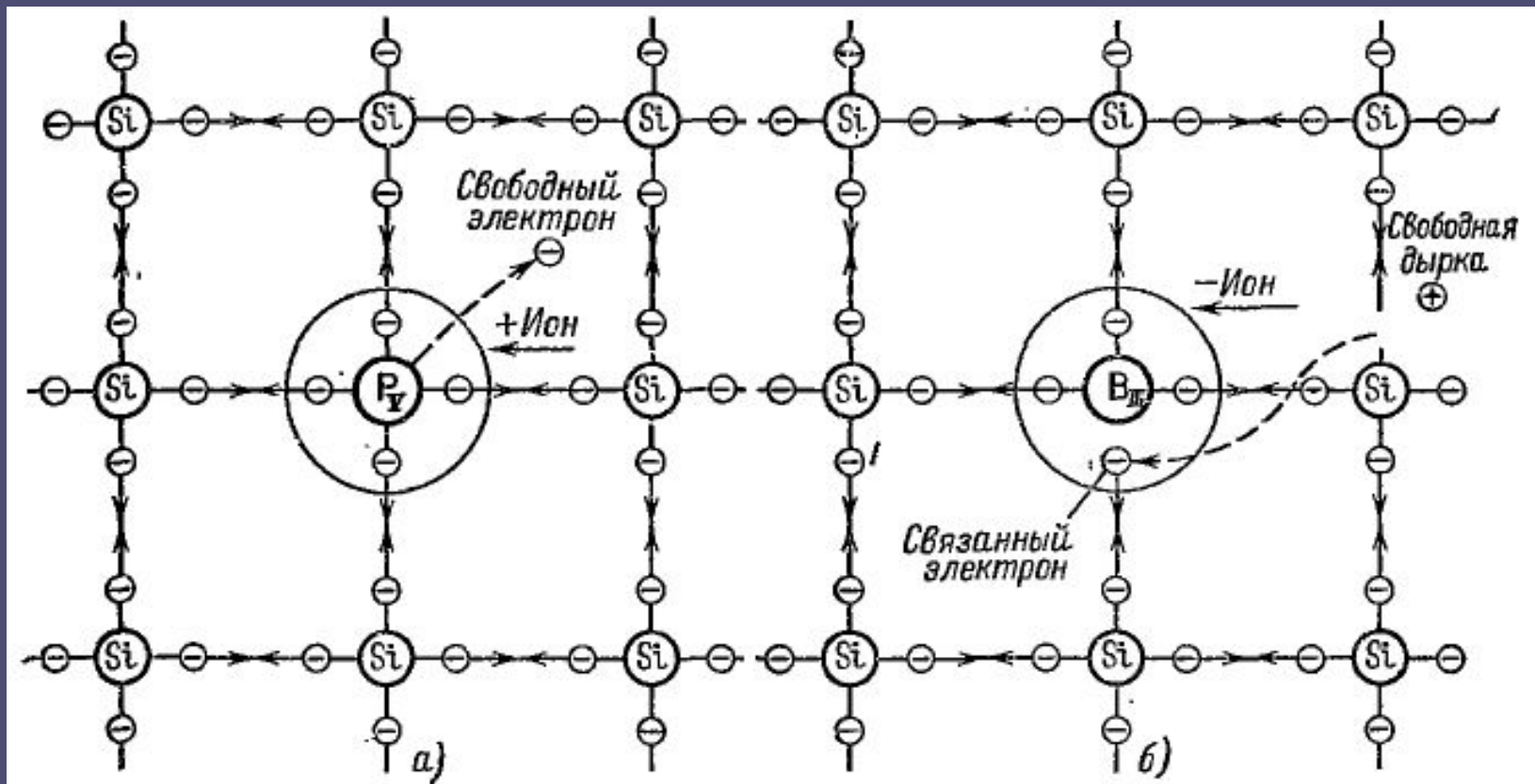
# Собственный полупроводник



Двумерное представление расположения связей в решетке кремния (собственный полупроводник)



# Примесный полупроводник



Замещение примесными атомами основных атомов в решетке.

*a* — донорная примесь (образуются свободный электрон и неподвижный положительный ион); *б* — акцепторная примесь (образуются свободная дырка и неподвижный отрицательный ион).