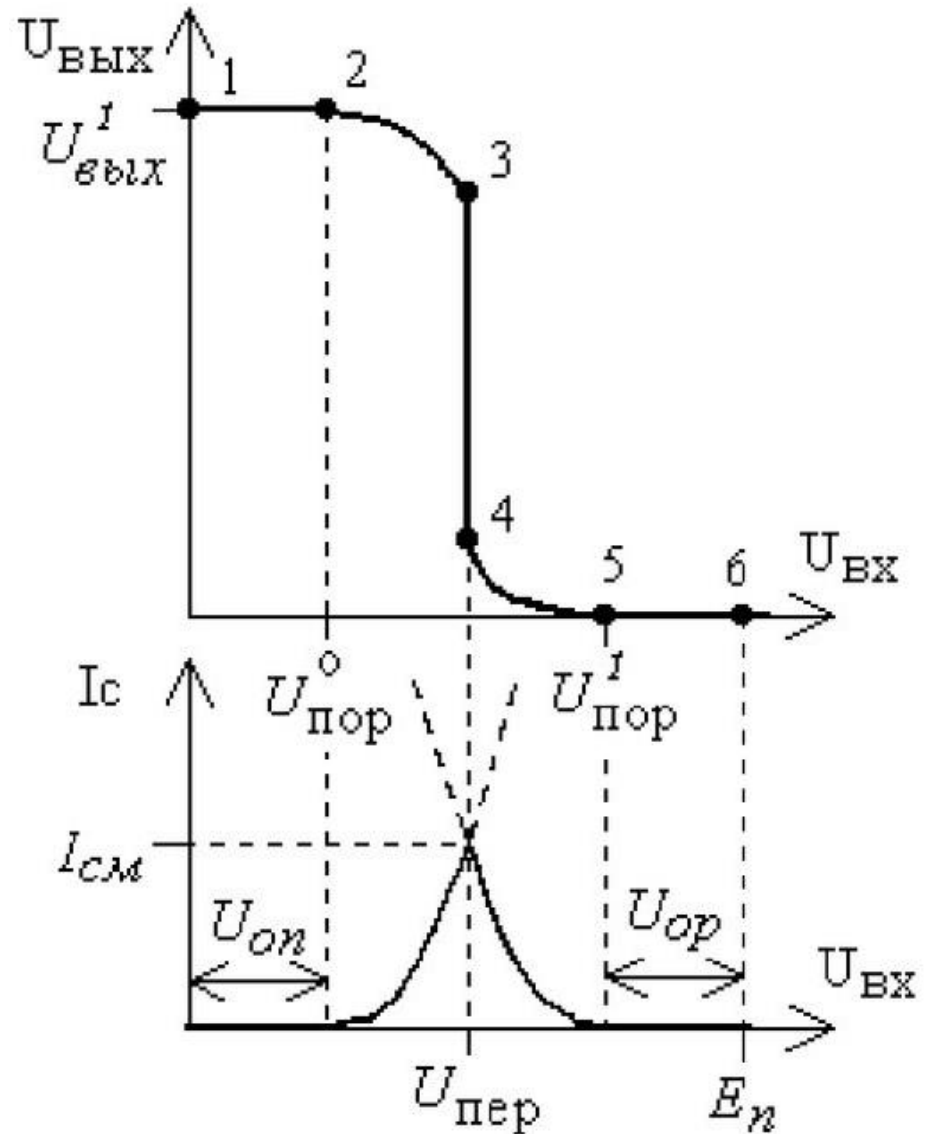
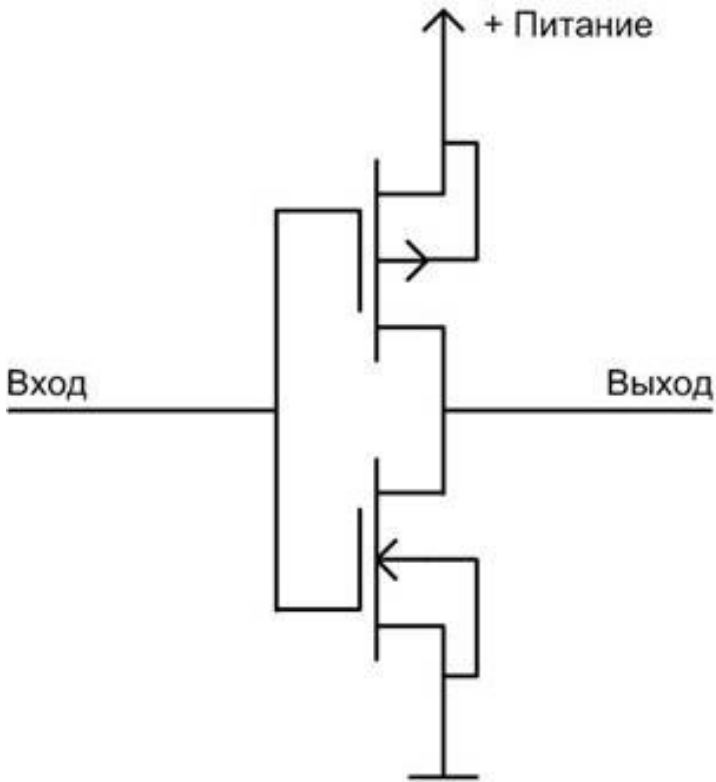


Принцип работы инвертора

Передаточная характеристика

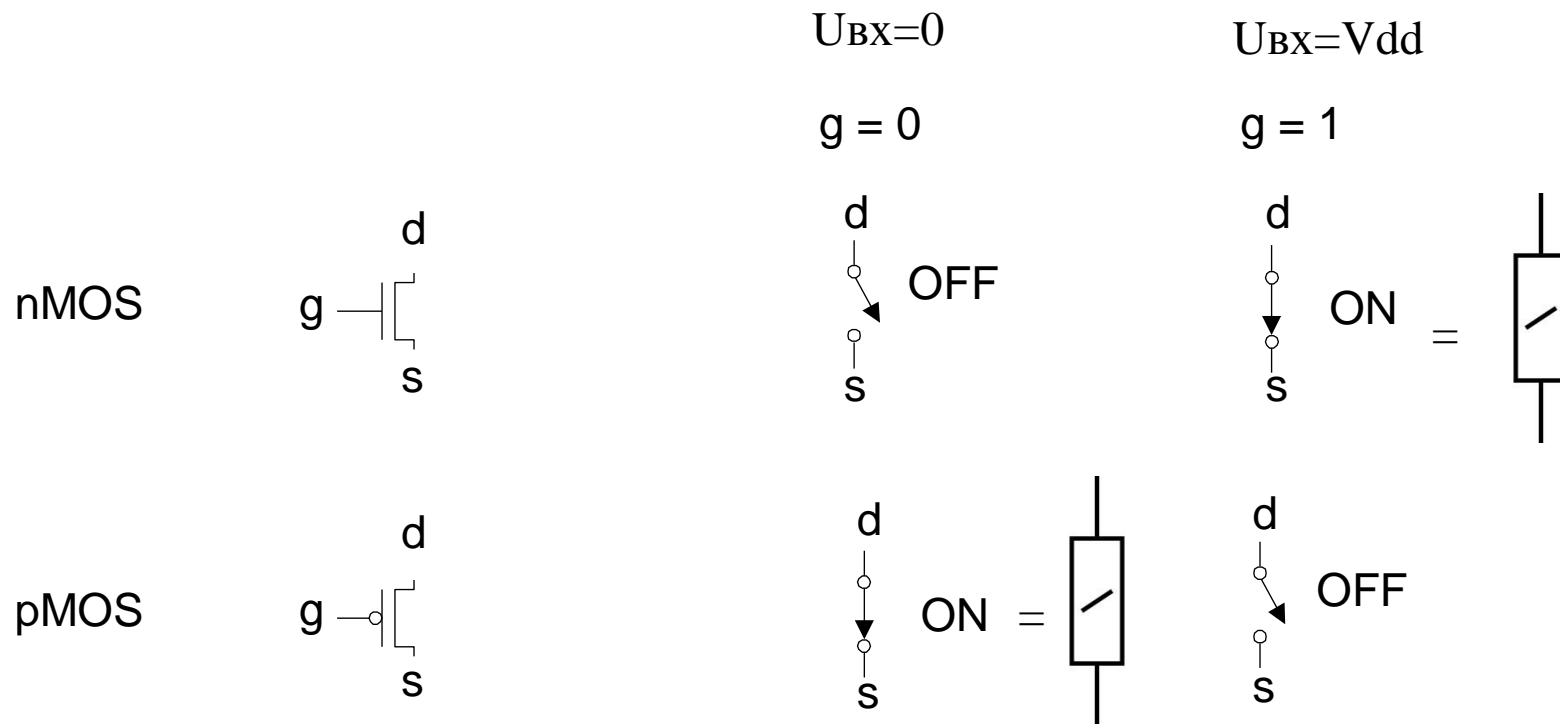


Инвертор КМОП
Электрическая схема

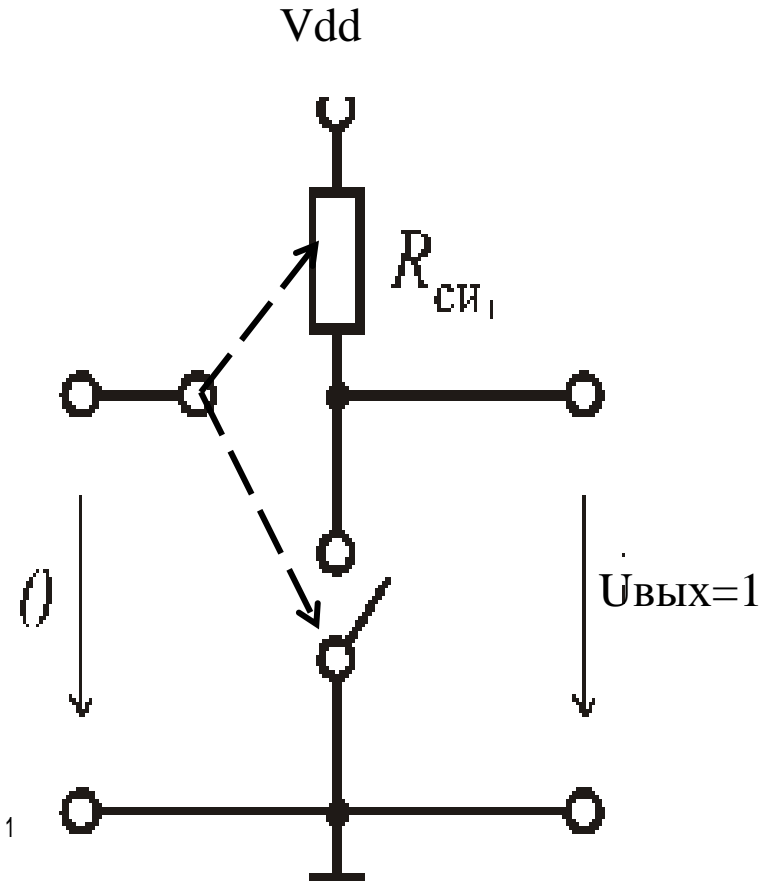
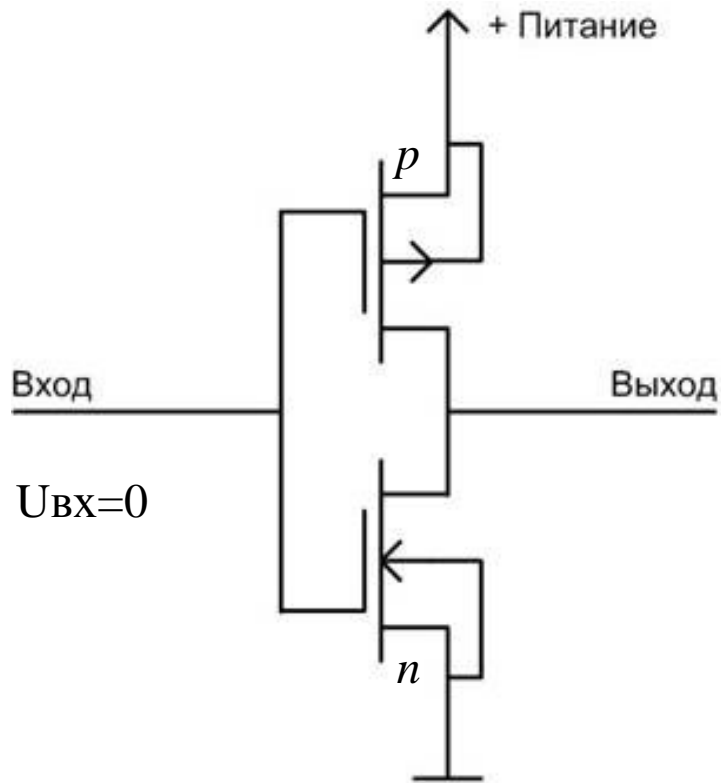


In	Out	In	Out
0 В	5 В	0	1
5 В	0 В	1	0

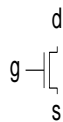
Принцип работы инвертора



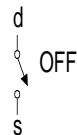
Принцип работы инвертора



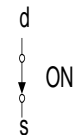
nMOS



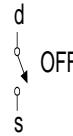
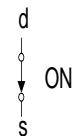
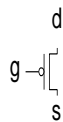
$g=0$



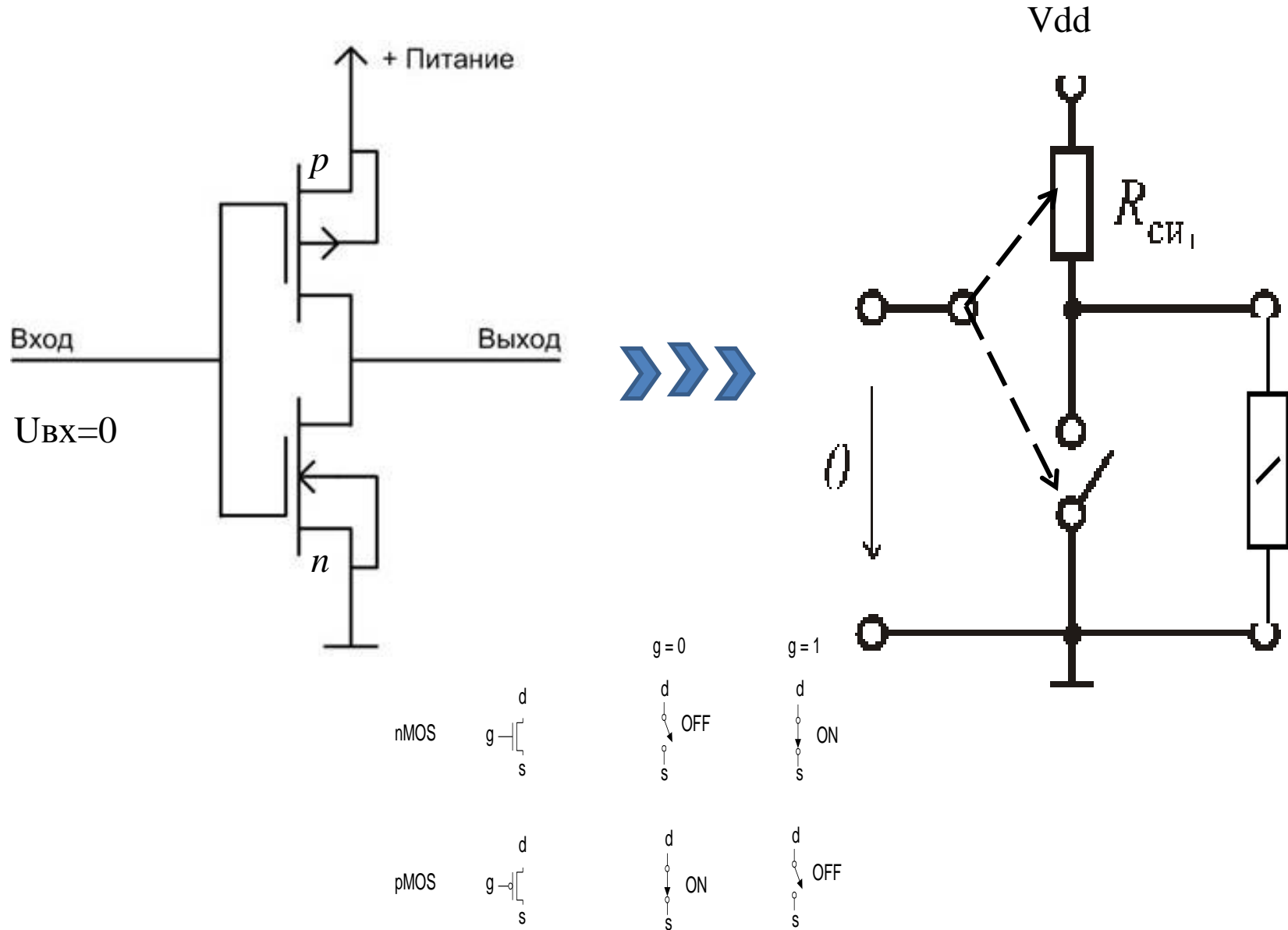
$g=1$



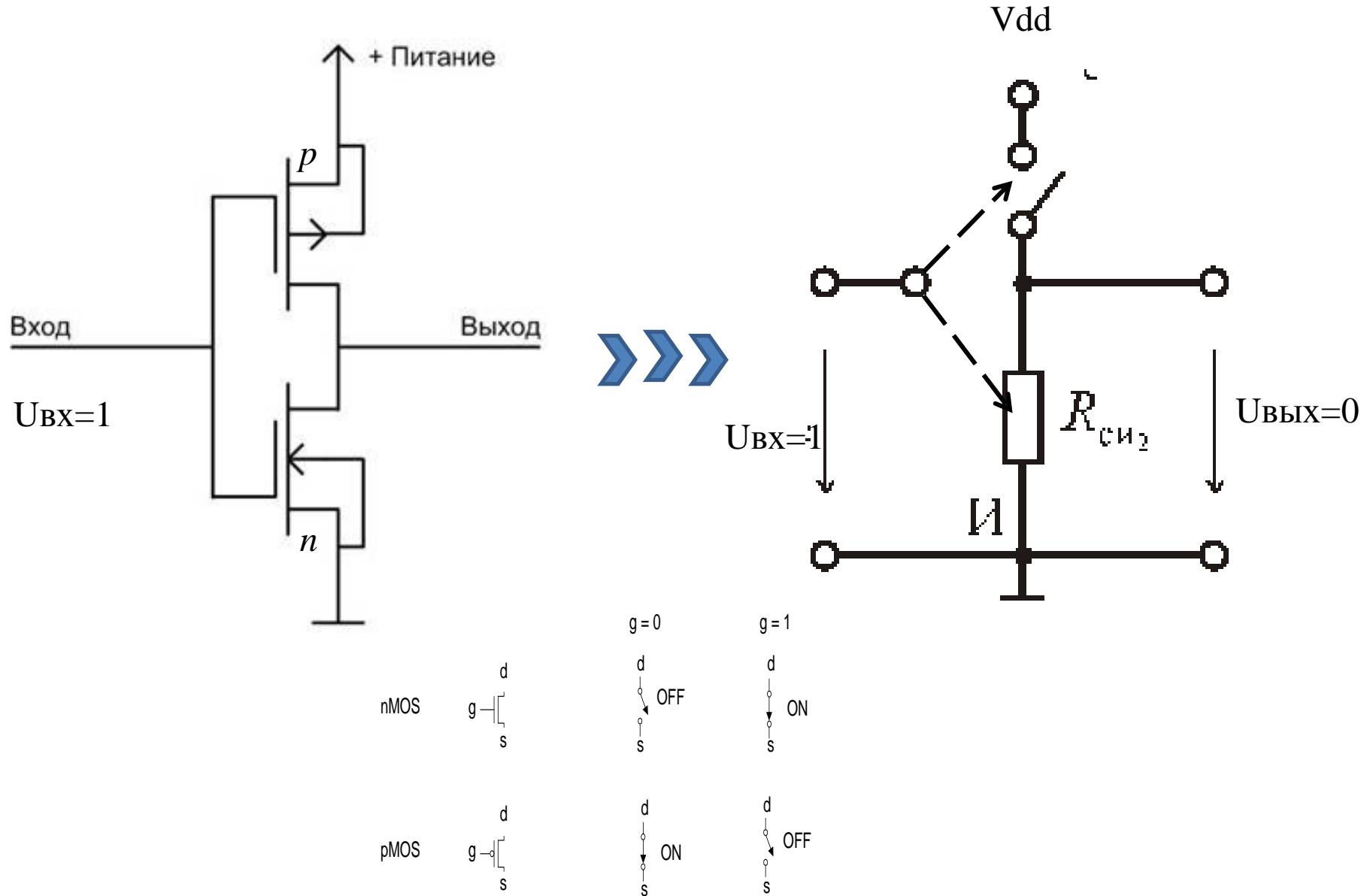
pMOS



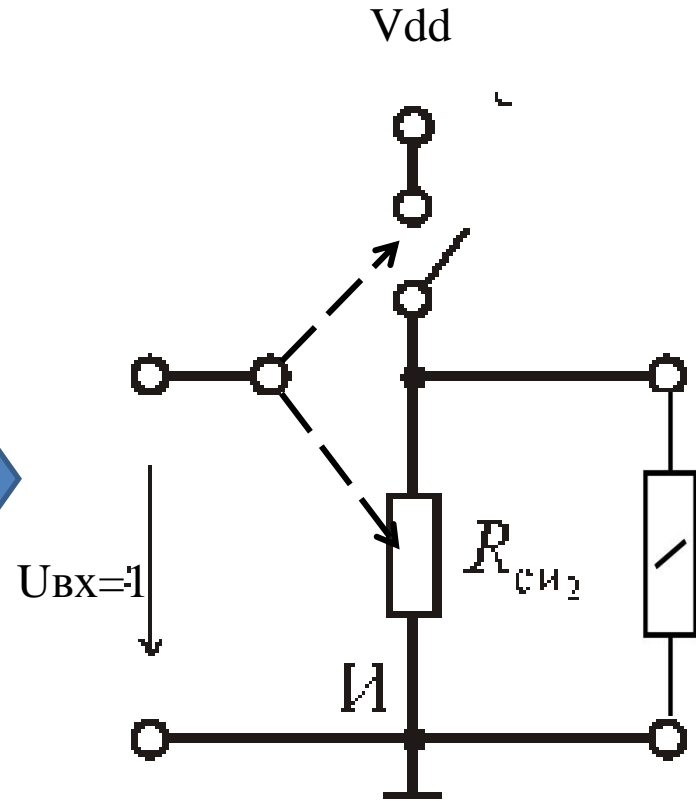
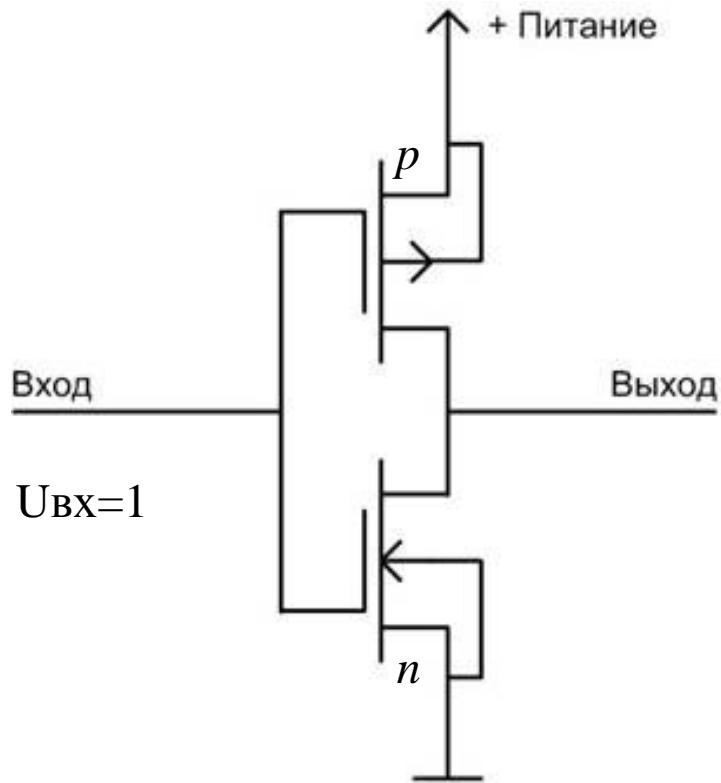
Принцип работы инвертора



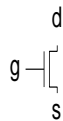
Принцип работы инвертора



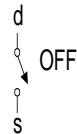
Принцип работы инвертора



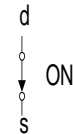
nMOS



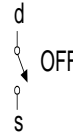
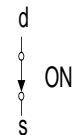
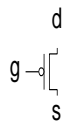
$g=0$



$g=1$



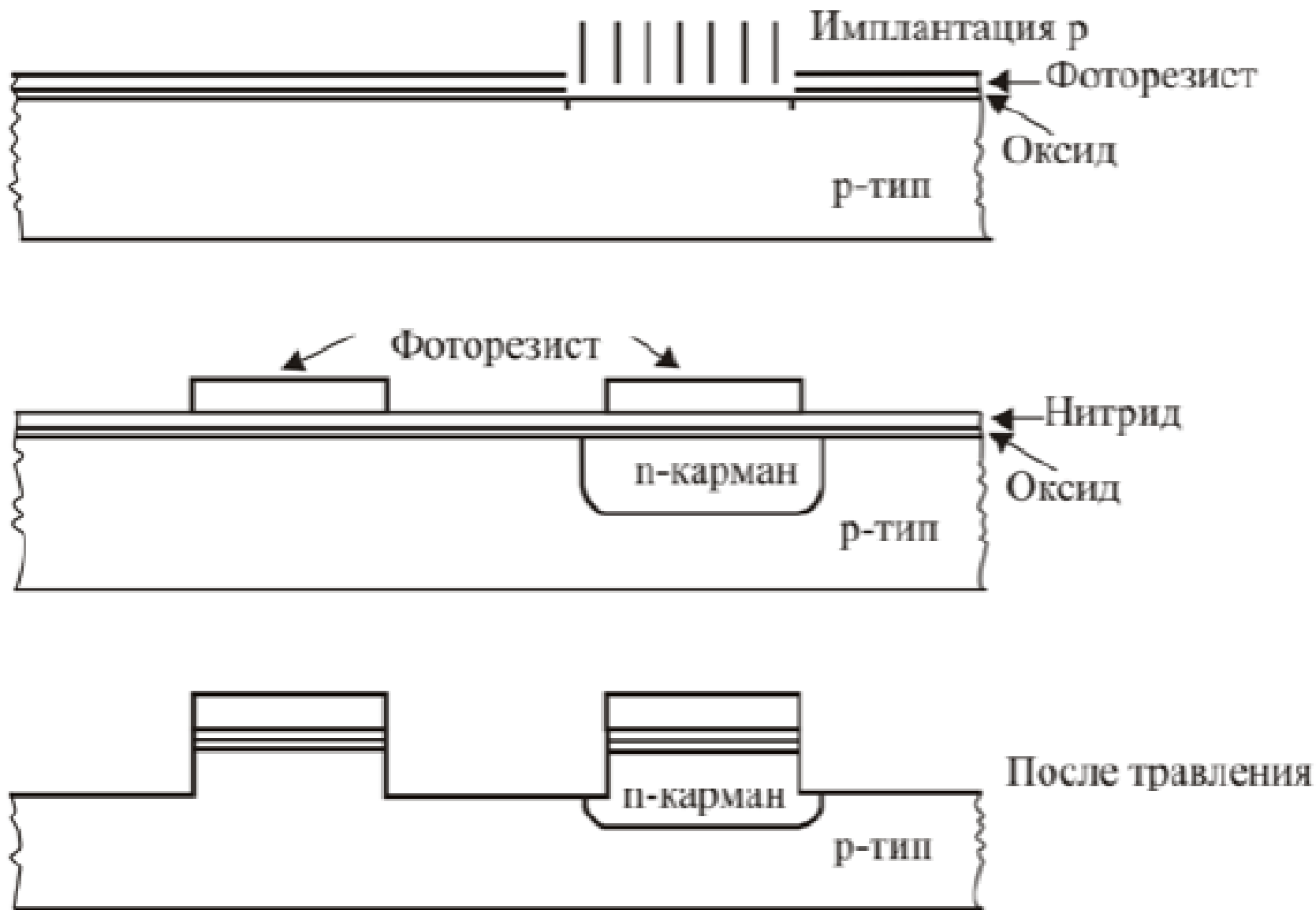
pMOS



Принцип работы инвертора

https://www.youtube.com/watch?v=yr_zMMDFmrM

Как делают интегральные схемы



Как делают интегральные схемы

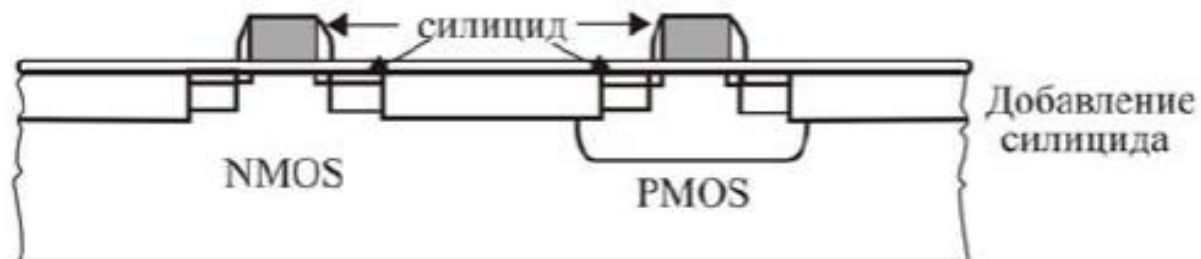
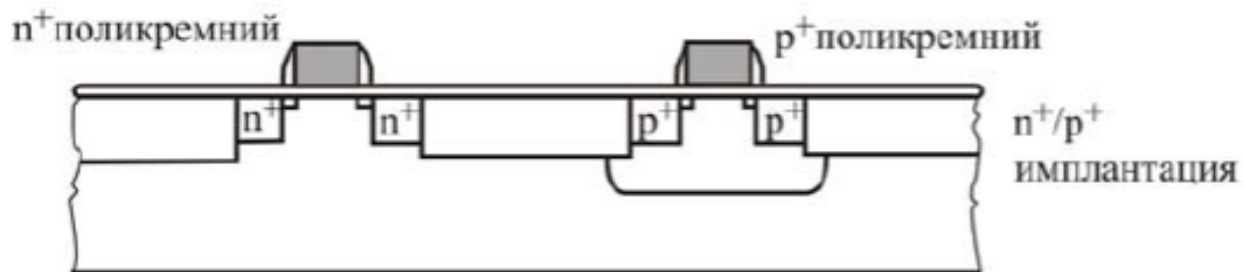
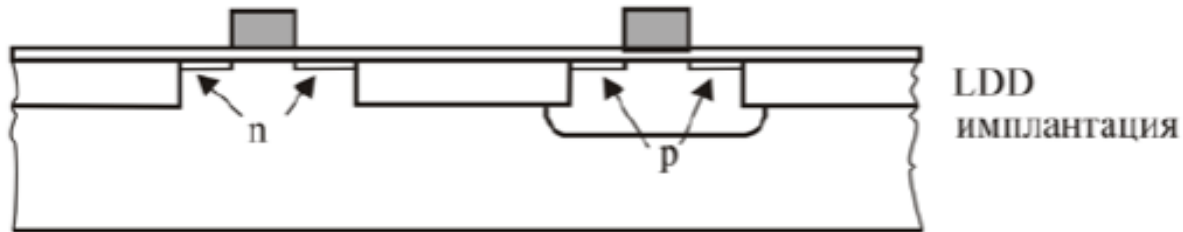
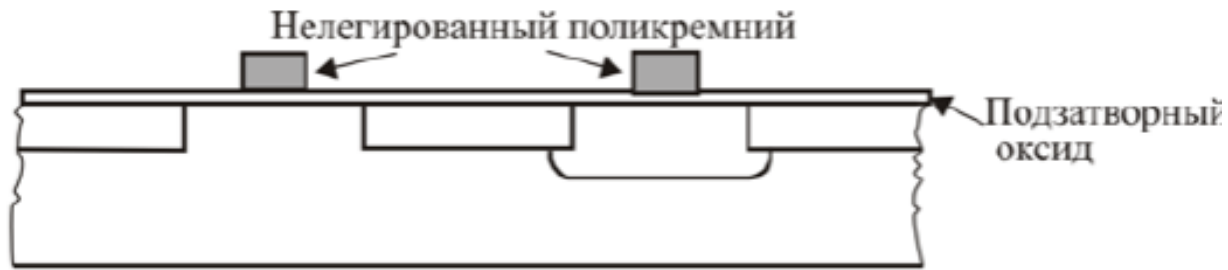


Изоляция

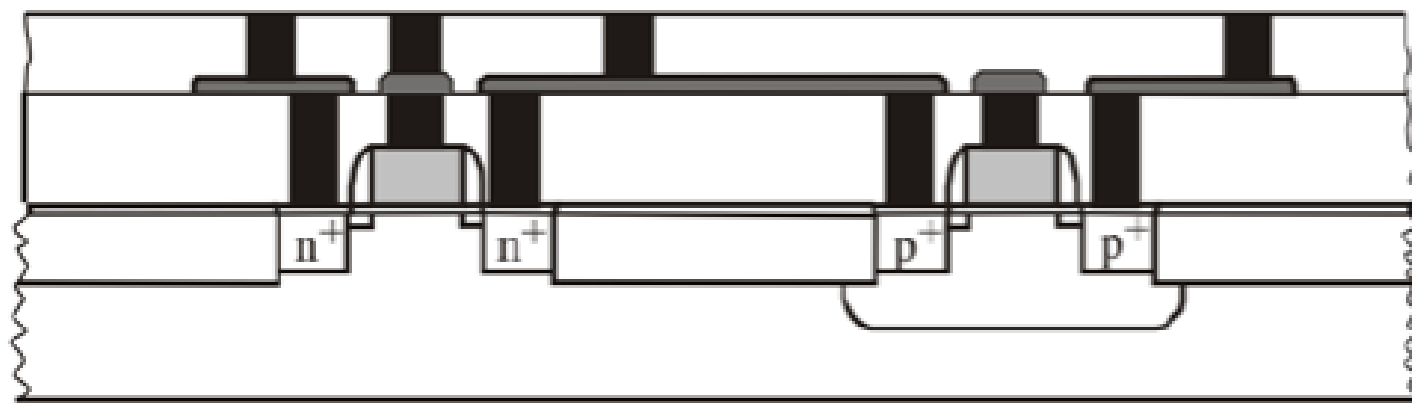
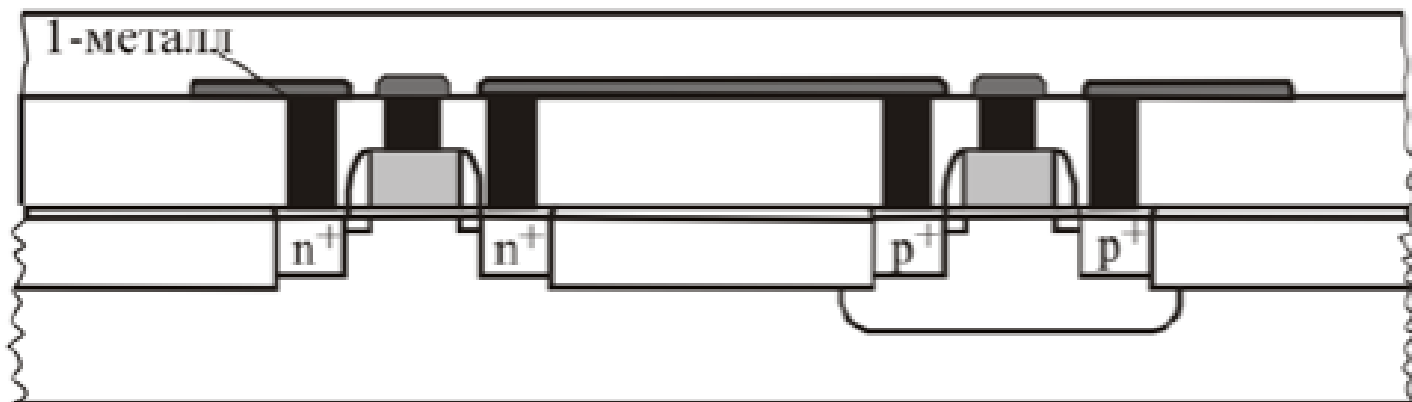
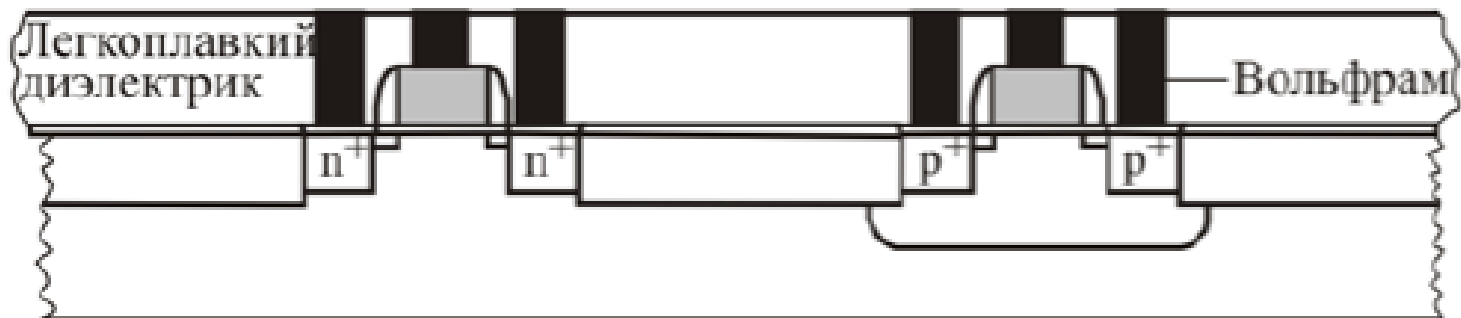


Имплантация
для подгонки
порогов

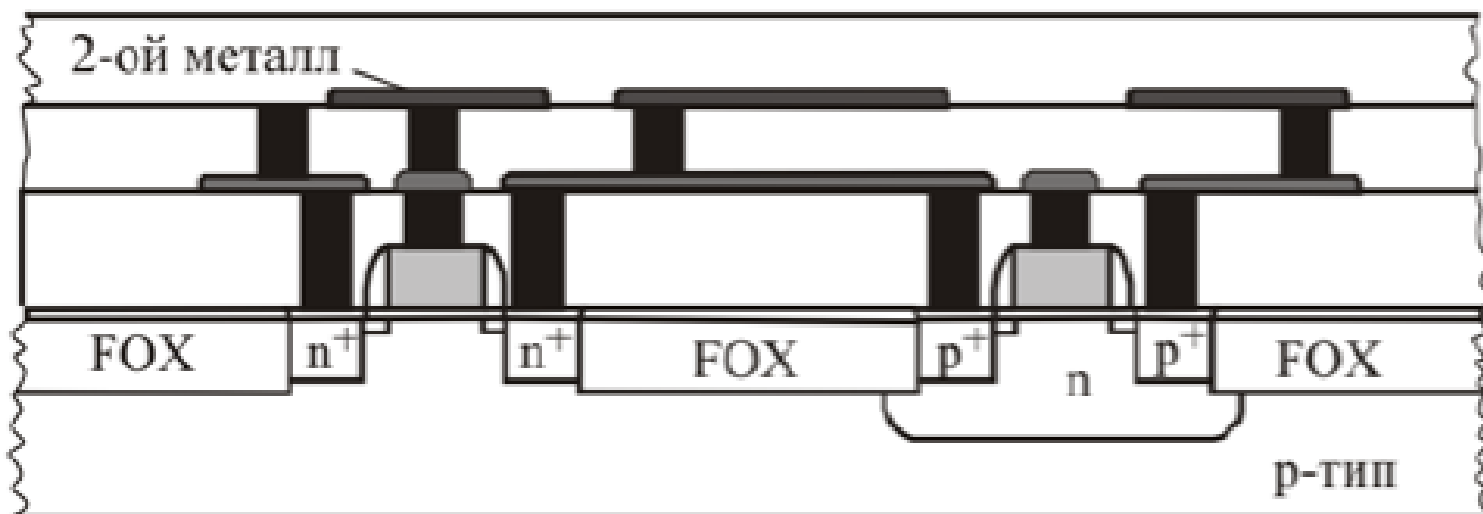
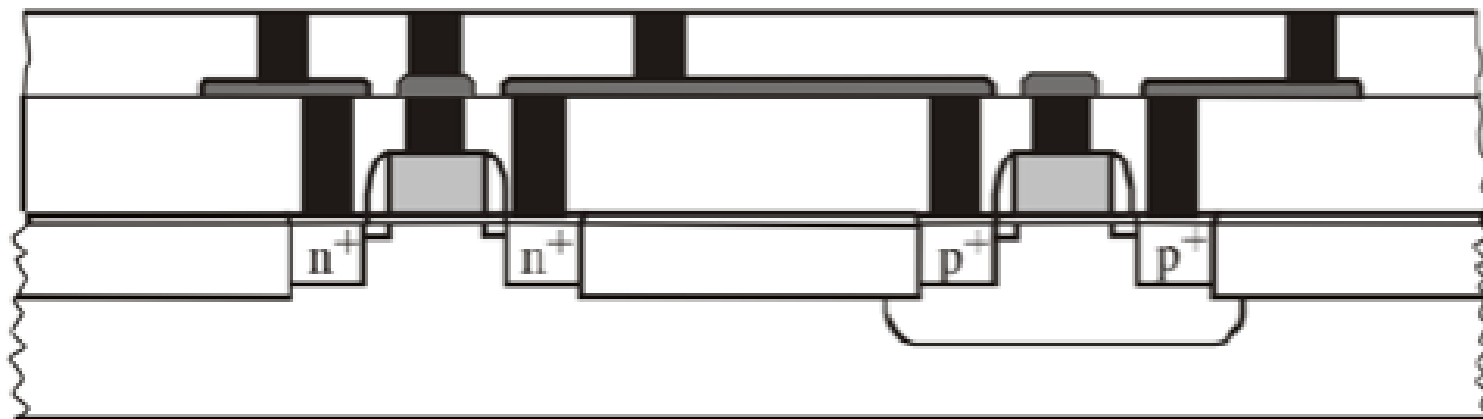
Как делают интегральные схемы



Как делают интегральные схемы



Как делают интегральные схемы

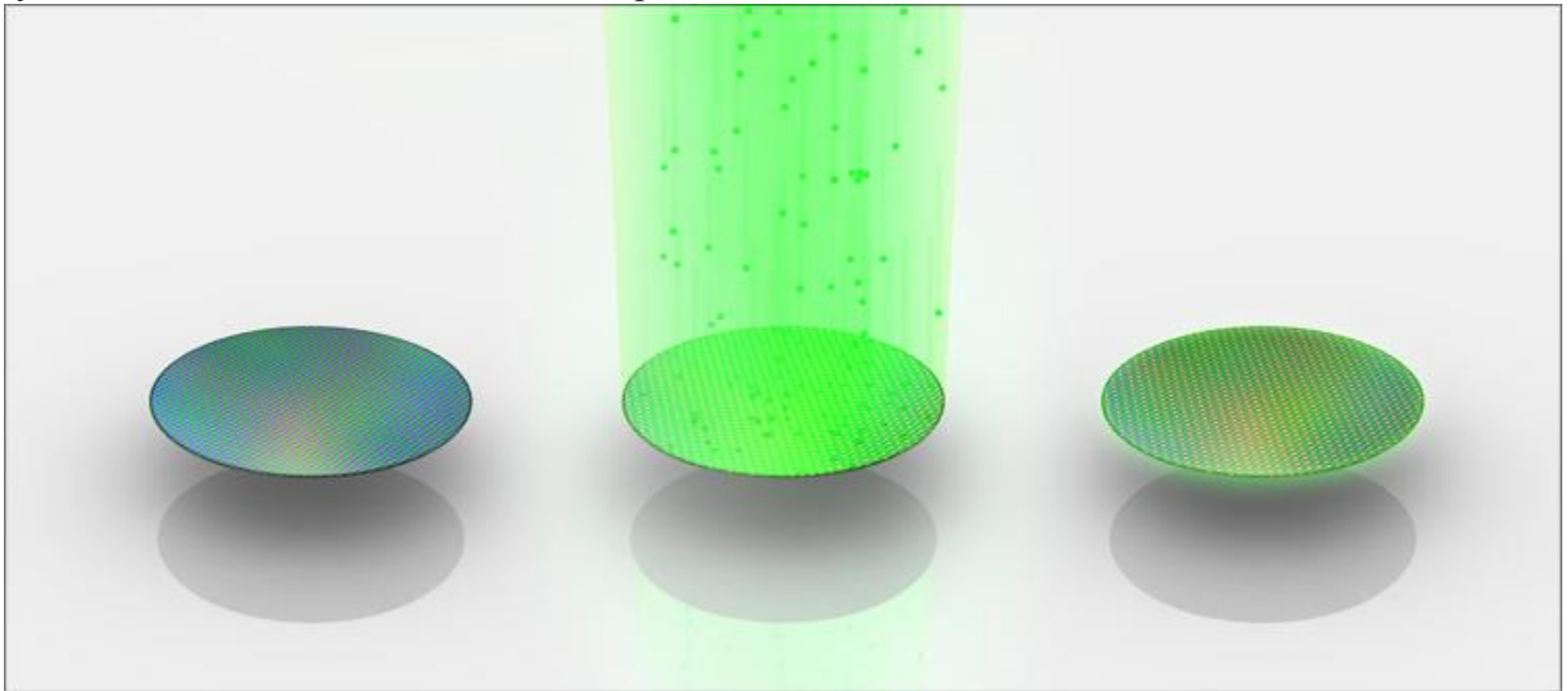


Как делают интегральные схемы

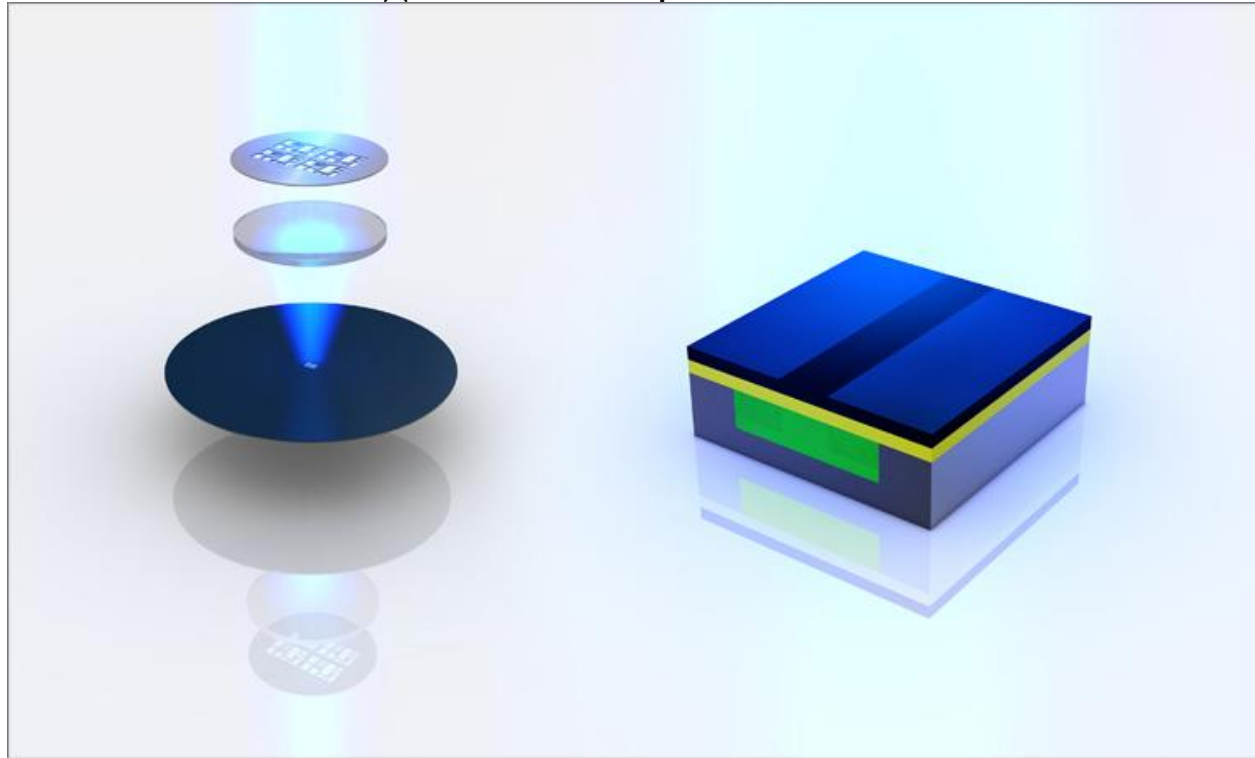
Фотолитография - процесс избирательного травления поверхностного слоя с использованием защитного фотошаблона.

Технология построена по принципу «свет-шаблон-фоторезист» и проходит следующим образом:

- На кремниевую подложку наносят слой материала, из которого нужно сформировать рисунок. На него наносится фоторезист - слой полимерного светочувствительного материала, меняющего свои физико-химические свойства при облучении светом.
- Производится экспонирование (освещение фотослоя в течение точно установленного промежутка времени) через фотошаблон.
- Удаление отработанного фоторезиста. Нужная структура рисуется на фотошаблоне - как правило, это пластинка из оптического стекла, на которую фотографическим способом нанесены непрозрачные области. Каждый такой шаблон содержит один из слоев будущего процессора, поэтому он должен быть очень точным и практичным.



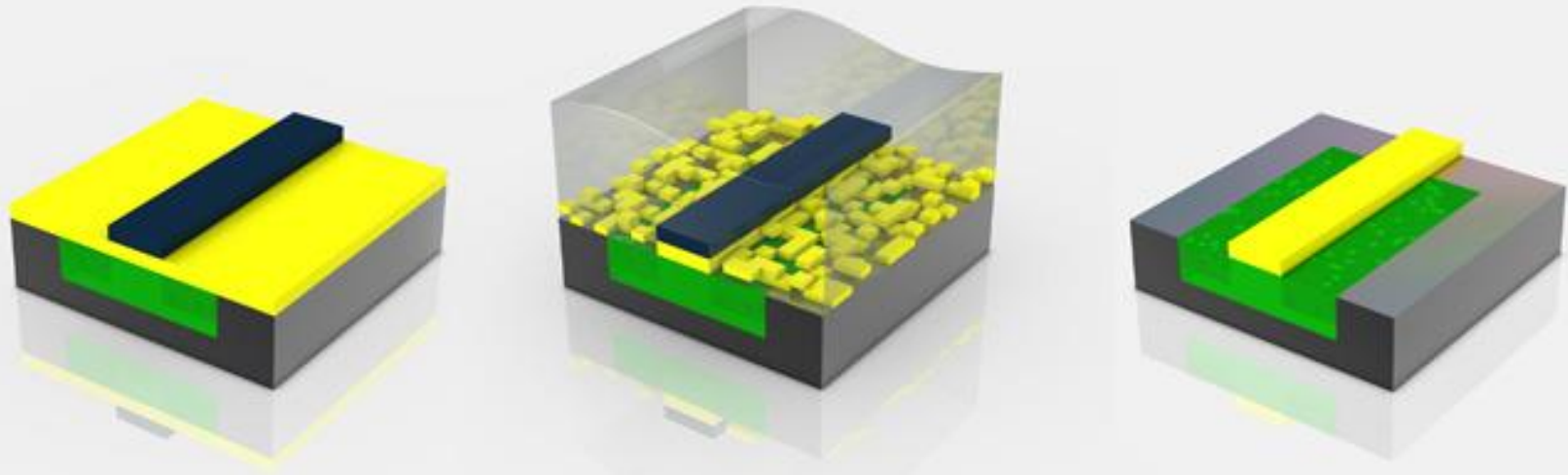
Как делают интегральные схемы



Иной раз осаждать те или иные материалы в нужных местах пластины просто невозможно, поэтому гораздо проще нанести материал сразу на всю поверхность, убрав лишнее из тех мест, где он не нужен - на изображении выше синим цветом показано нанесение фоторезиста.

Пластина облучается потоком ионов (положительно или отрицательно заряженных атомов), которые в заданных местах проникают под поверхность пластины и изменяют проводящие свойства кремния (зеленые участки — это внедренные чужеродные атомы).

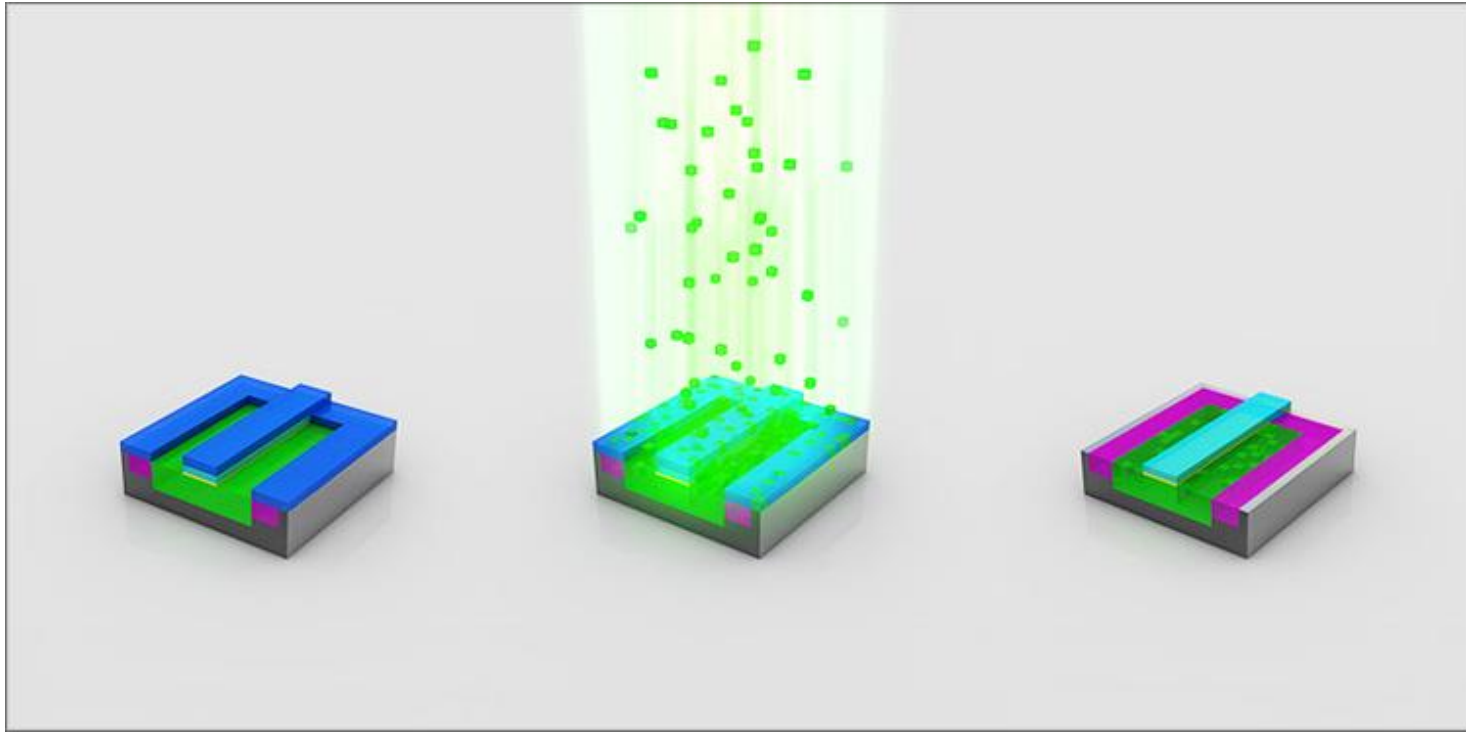
Как делают интегральные схемы



Как изолировать области?

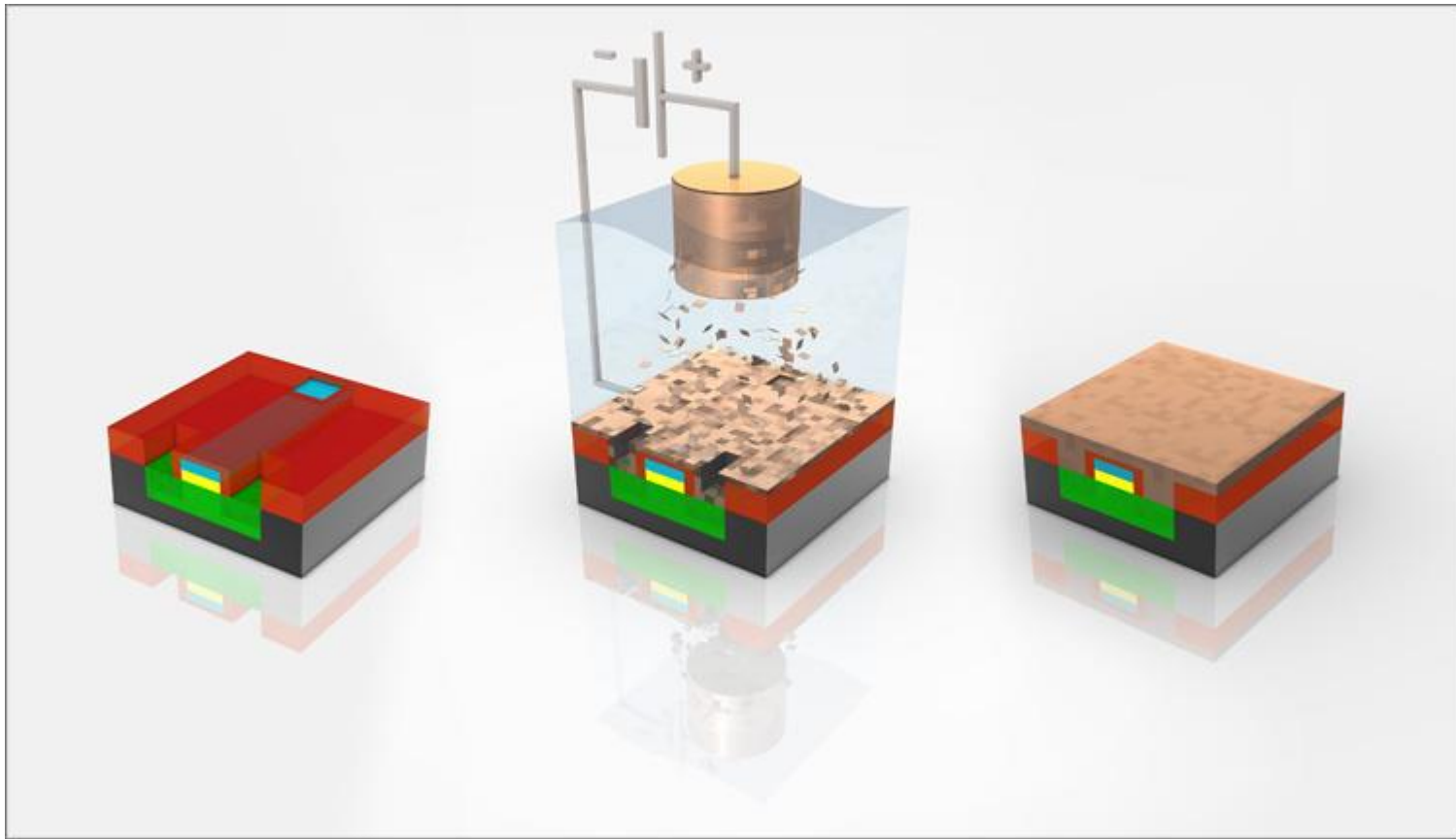
Перед литографией на поверхность кремниевой пластины (при высокой температуре в специальной камере) наносится защитная пленка диэлектрика.

Как делают интегральные схемы



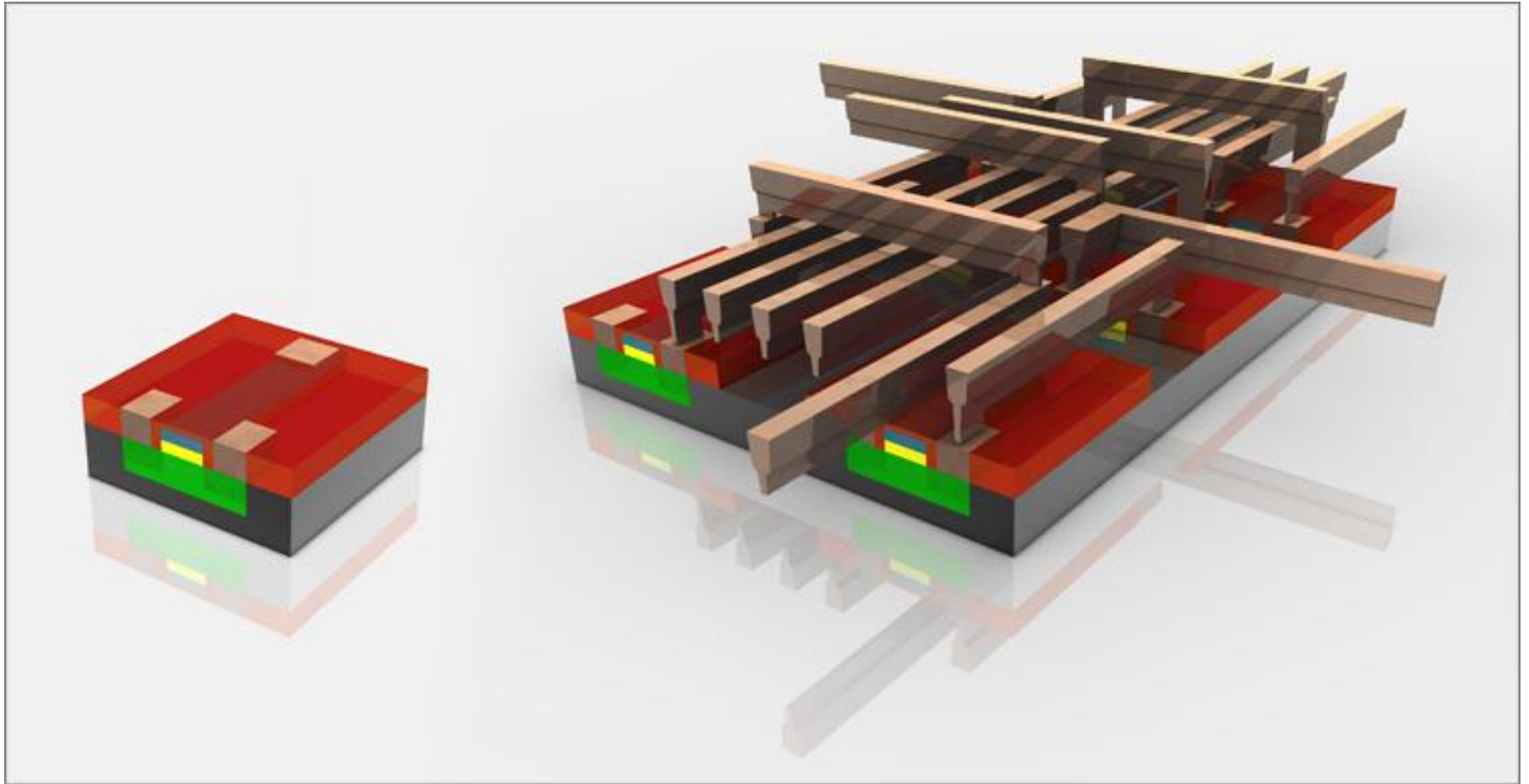
Чтобы создать в необходимых местах полупроводниковые структуры путем внедрения донорной (n-типа) или акцепторной (p-типа) примеси. Допустим, нам нужно сделать в кремнии область концентрации носителей p-типа, то есть зону дырочной проводимости. Для этого проводят процесс имплантации - ионы бора с огромной энергией выстреливаются из высоковольтного ускорителя и равномерно распределяются в незащищенных зонах, образованных при фотолитографии. Там, где диэлектрик был убран, ионы проникают в слой незащищенного кремния – в противном случае они «застревают» в диэлектрике. После очередного процесса травления убираются остатки диэлектрика, а на пластине остаются зоны, в которых локально есть бор. У современных процессоров может быть несколько таких слоев — в таком случае на получившемся рисунке снова выращивается слой диэлектрика и далее все идет по протоптанной дорожке — еще один слой фоторезиста, процесс фотолитографии (уже по новой маске), травление, имплантация.

Как делают интегральные схемы

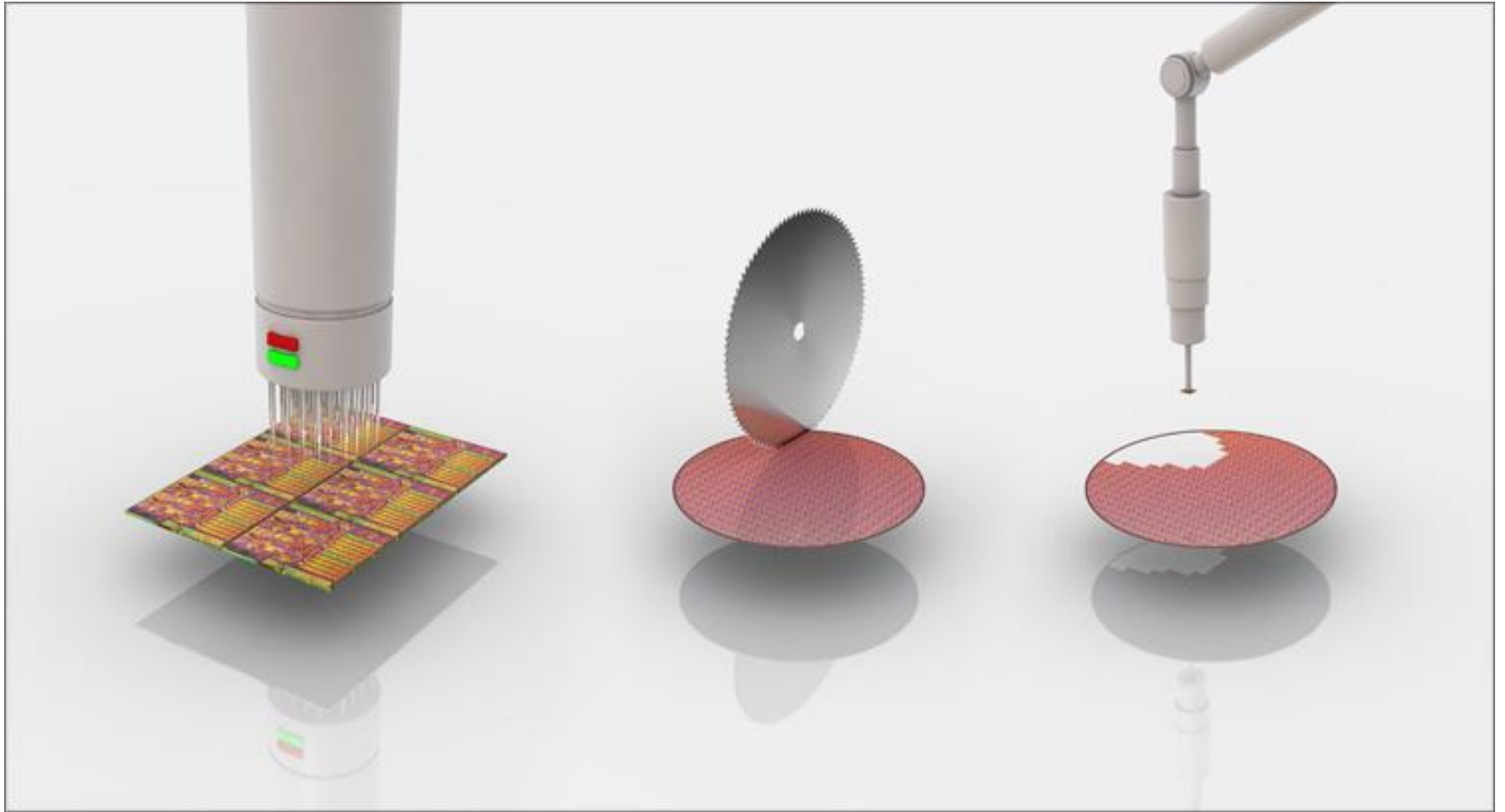


Логические элементы, которые образовались в процессе фотолитографии, должны быть соединены друг с другом. Для этого пластины помещают в раствор сульфата меди, в котором под действием электрического тока атомы металла «оседают» в оставшихся «проходах» - в результате этого гальванического процесса образуются проводящие области, создающие соединения между отдельными частями процессорной «логики». Излишки проводящего покрытия убираются полировкой.

Как делают интегральные схемы



Как делают интегральные схемы



Как делают интегральные схемы



Как делают интегральные схемы

<https://www.youtube.com/watch?v=aCOyq4YzBtY&t=56s>

https://www.youtube.com/watch?v=0_iNsSOFS3k