

# Маршрут изготовления КМОП по техпроцессу 90nm\*

(\*материал предназначен для обучения, приведенные параметры процессов не могут служить для воспроизведения данного маршрута)

Подготовил: Арилин Р.А.  
версия 2 от мая 2013

Маршрут условно можно разделить на 4 основных блока:



Данный маршрут формирует КМОП транзисторы двух типов:

- под напряжение питания 1.2В (Core),  
на основе тонкого подзатворного окисла (GO1),  $V_t \sim 0,4V$

- под напряжение питания 2.5В (I\O),  
на основе толстого подзатворного окисла (GO2).  $V_t \sim 0,6V$

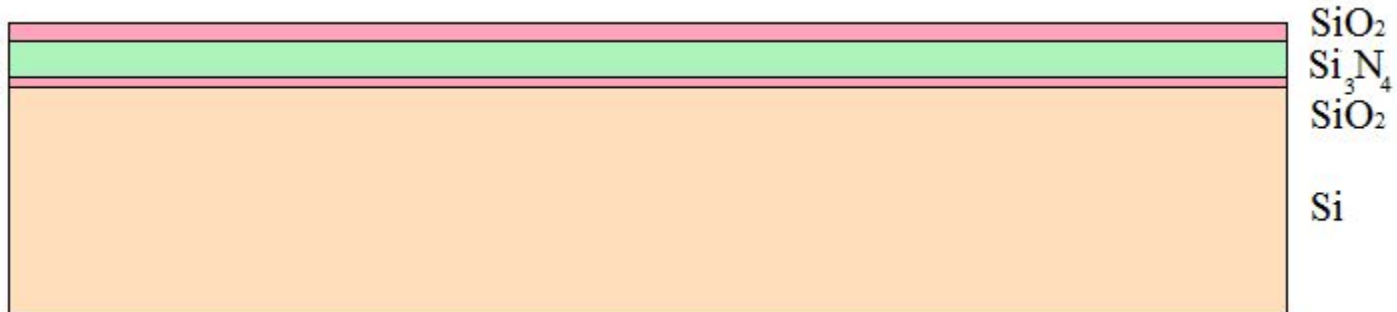
Тип подложки – P-тип.

Количество ф\л  $\sim 35$  (зависит от состава элементной базы и опций)

Первое окисление. Термический  $\text{SiO}_2$  ~100Å

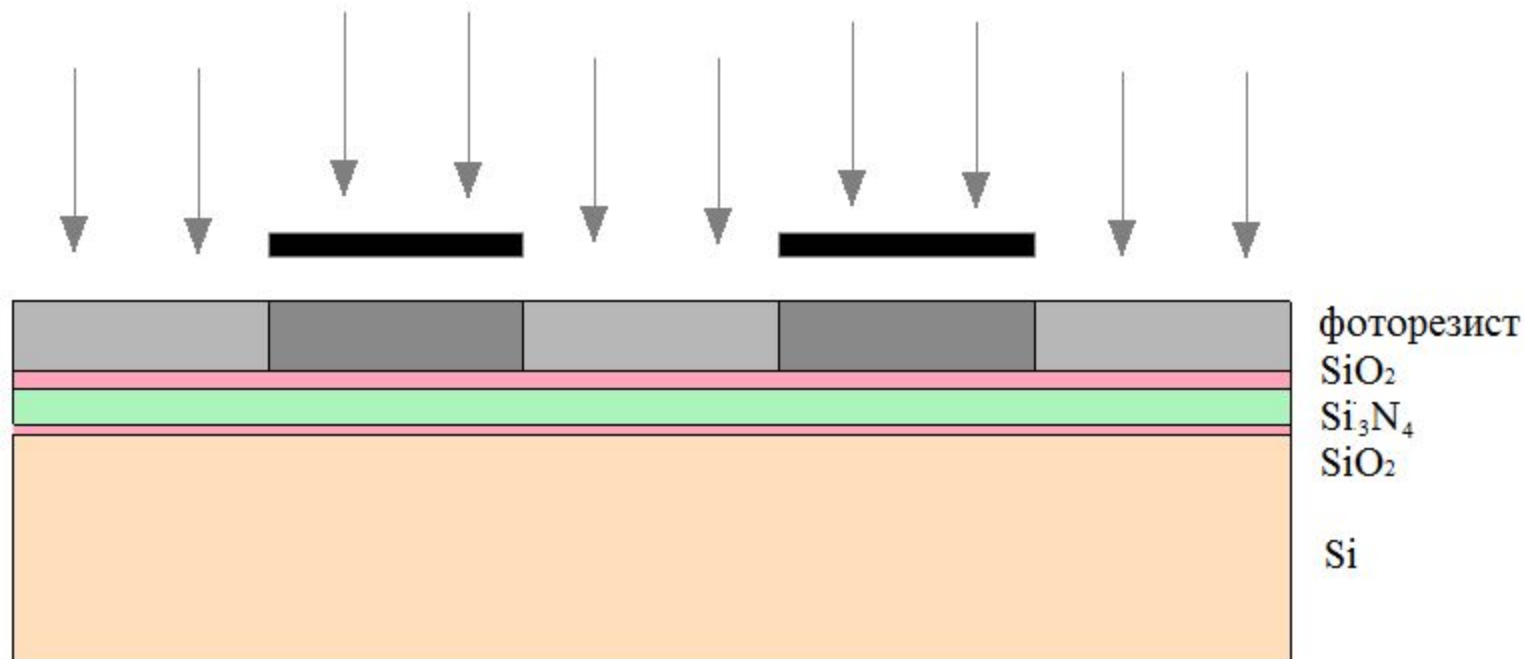
LPCVD.  $\text{Si}_3\text{N}_4$  ~ 0,1µм.

LPCVD.  $\text{SiO}_2$  ~ 500Å.



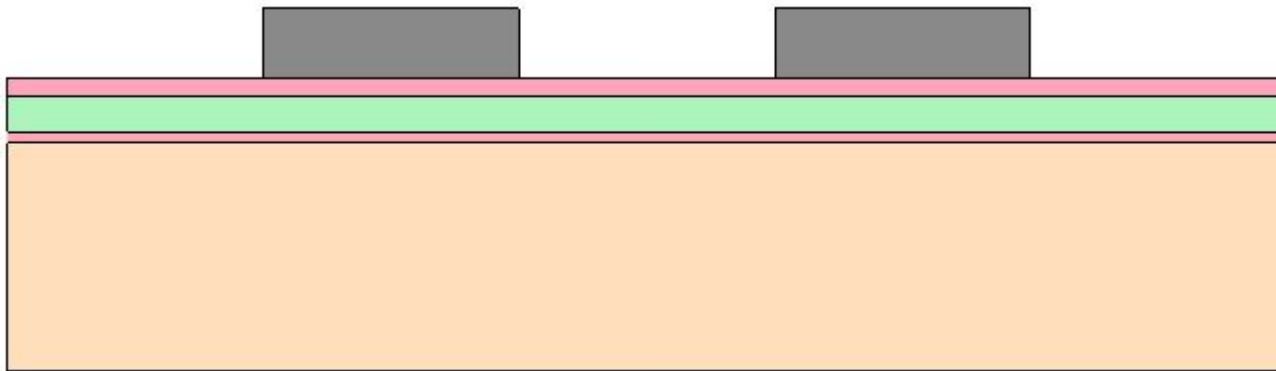
## Фотолитография активной области.

1. Нанесение слоя фоторезиста
2. Экспонирование
3. Формирование маски активной области. Минимальный размер темного элемента  $\sim 0,1\mu\text{м}$ , светлого  $\sim 0,12\mu\text{м}$



Фотолитография активной области.

ПХТ активной области

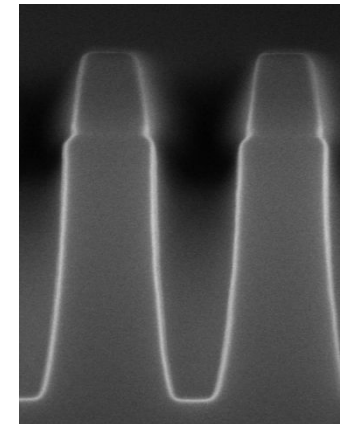
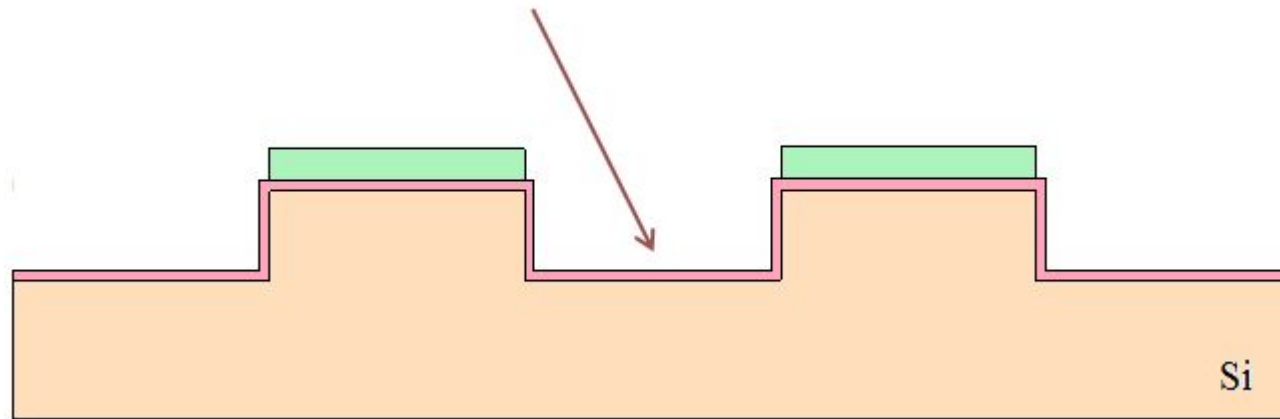


Слой TEOS используется в качестве маски для травления щелевой изоляции (STI)

## Формирование активной области.

Роль щелевой изоляции: формирование изоляции между активными областями (глубина STI ~ 0.3мкм)

1. Области STI заполняются оксидом.
2. Закругляются края активной области для предотвращения токов утечки (происходит во время жидкостного травления окисла и последующего окисления).

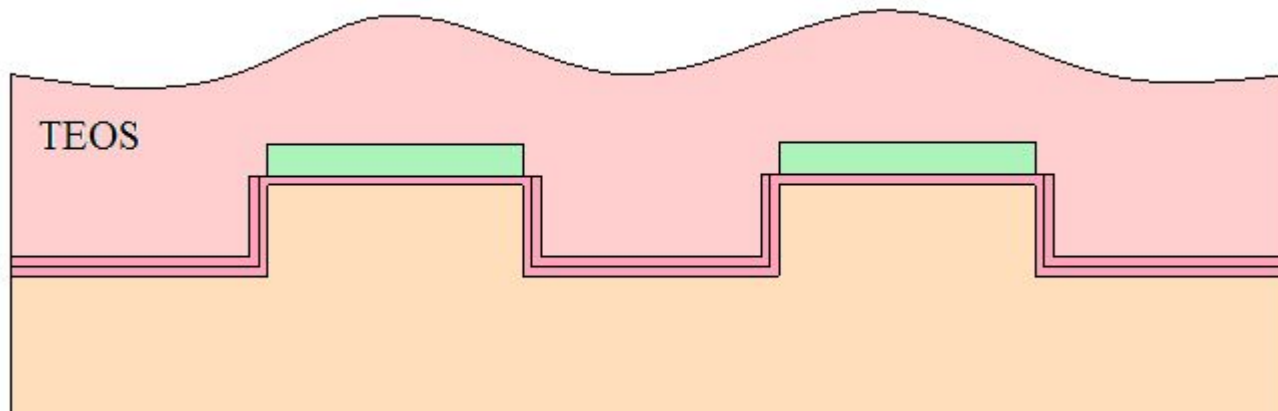


SEM фото после травления STI

## Формирование щелевой изоляции.

LPCVD SiO<sub>2</sub> 750нм

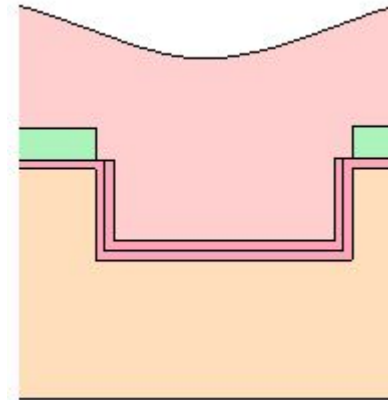
Отжиг окисла в STI и всей структуры



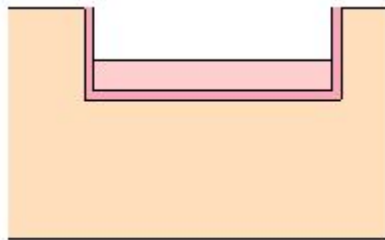
## Формирование щелевой изоляции.

Использование LINER ETCH BACK позволяет улучшить заполняемости областей STI оксидом

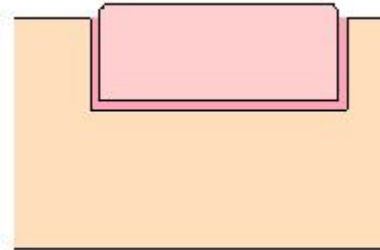
BOX или GAPfill заполняет узкие места.



Роль отжига:



Без отжига  
Структура не  
уплотняется

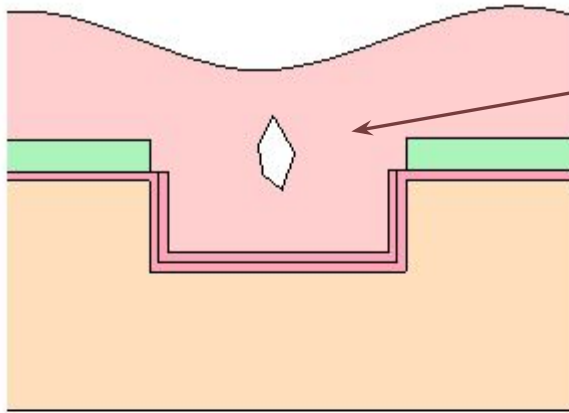


С отжигом:  
Структура  
уплотнена



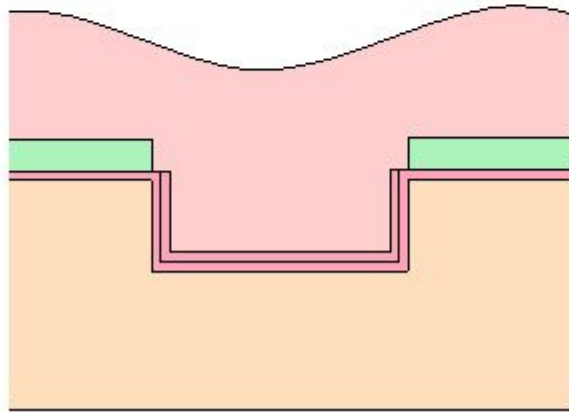


## Преимущества BOX.



Использование оксида

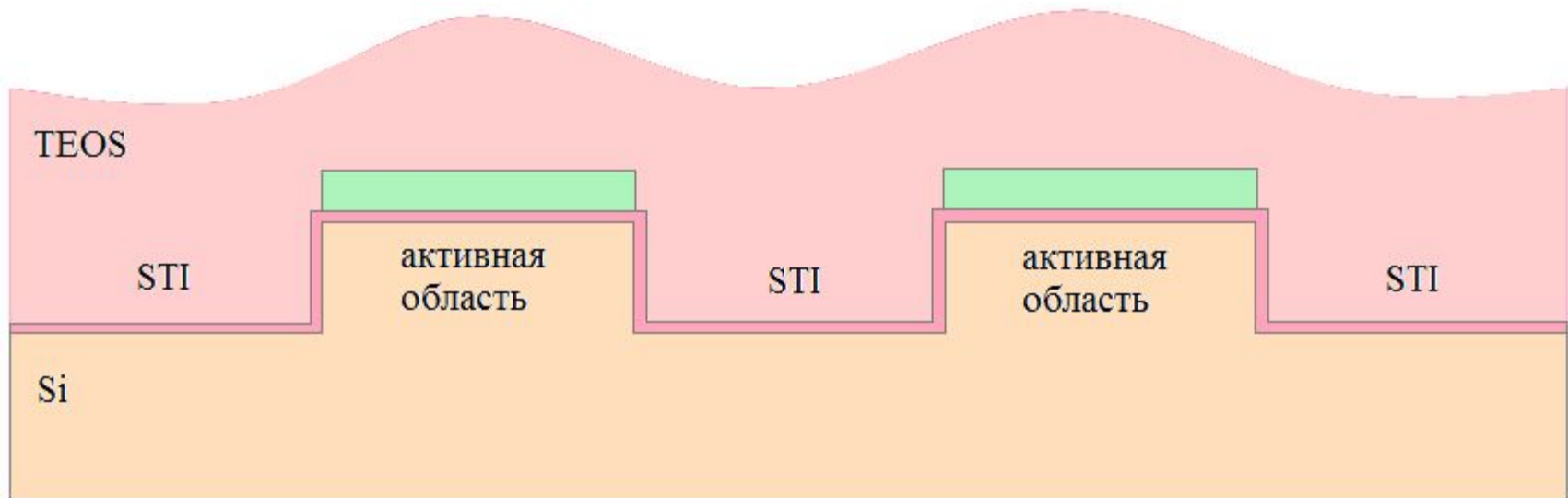
Не плотное заполнение области (образование пустот или каверн из-за большой глубины относительно размера STI)



Использование BOX

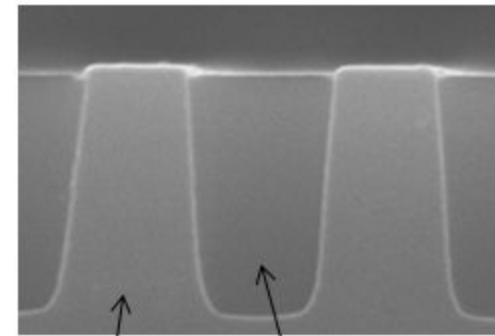
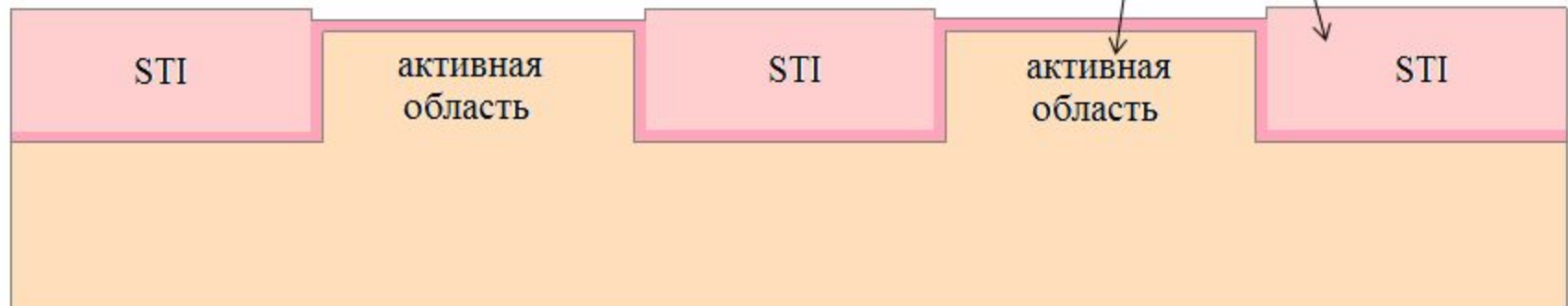
## ХМП областей щелевой изоляции.

СМР SiO<sub>2</sub> STI. Рельеф планаризуется. Нитридный слой используется в качестве «стопорного слоя» при СМР STI



## Сформированные активные области и области STI .

ЖХТ удаление слоя  $\text{Si}_3\text{N}_4$  .  
Итоговая структура.



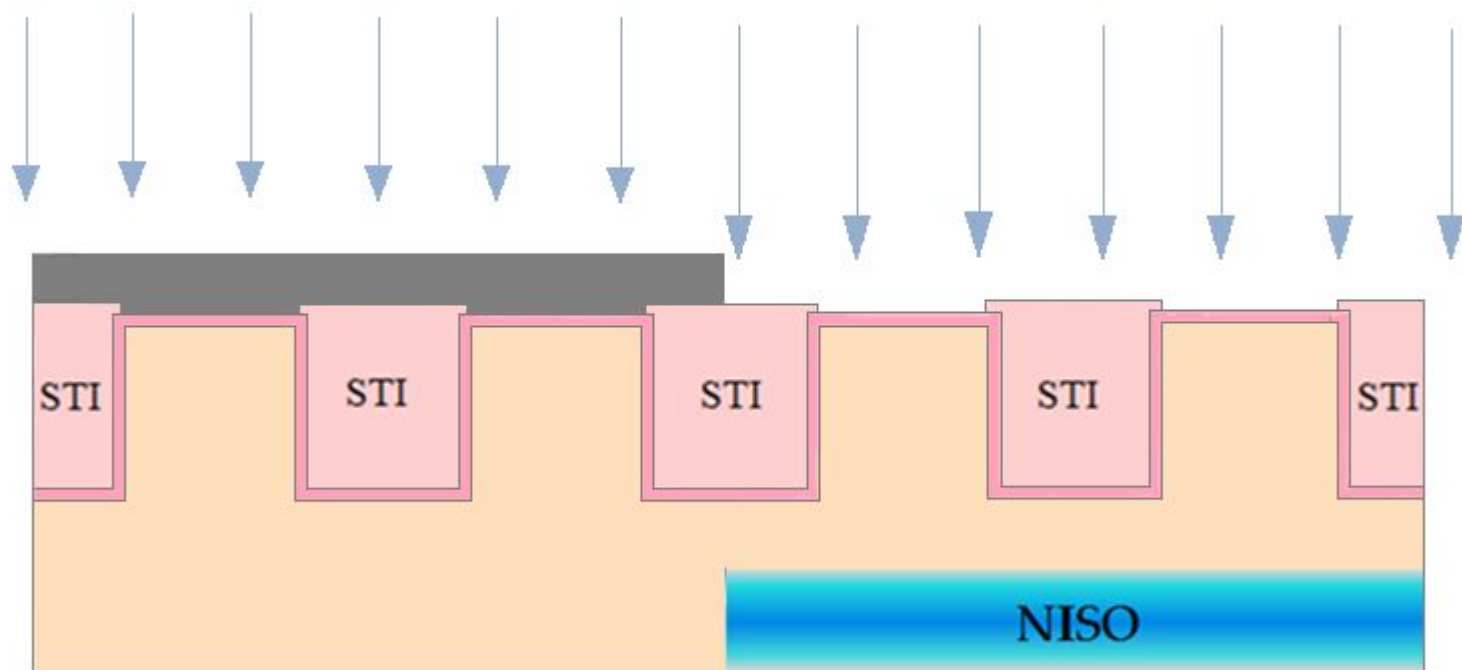
SEM фото структуры

Ф\л области NISO и ионное легирование (ИЛ)

NISO – изолирующий карман N-типа, для изоляции NMOS транзистора от P-подложки

(ИЛ фосфором)

$E \sim 1.4\text{MeV}$   $D \sim 1e13$



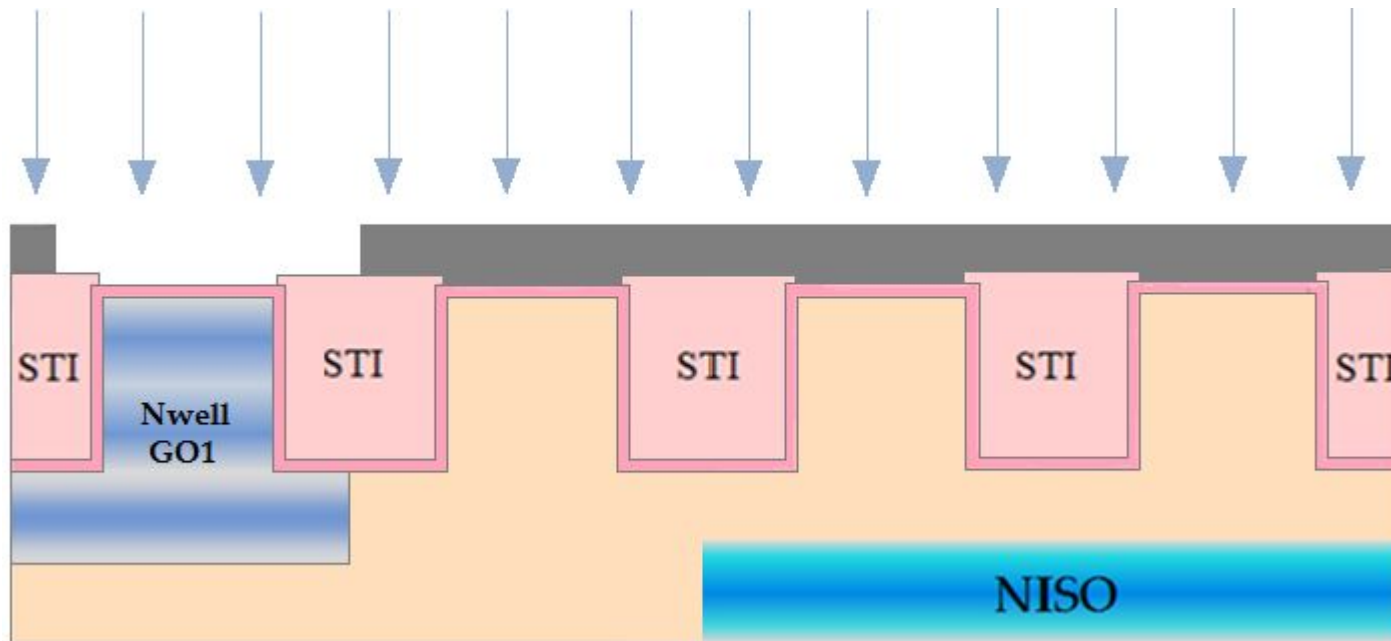
## Формирование N кармана транзистора GO1

(проводится три операции ИЛ в одну маску с разным типов примеси, энергии и дозы: создание тела кармана, локальный пик примеси на уровне стоков \ истоков, подгонка пороговых напряжений)

1 ИЛ: P,  $E \sim 500\text{keV}$ ,  $D \sim 1e13$

2 ИЛ: P,  $E \sim 200\text{keV}$ ,  $D \sim 1e13$

3 ИЛ: As,  $E \sim 100\text{keV}$ ,  $D \sim 1e12$



## Формирование N кармана транзистора GO2

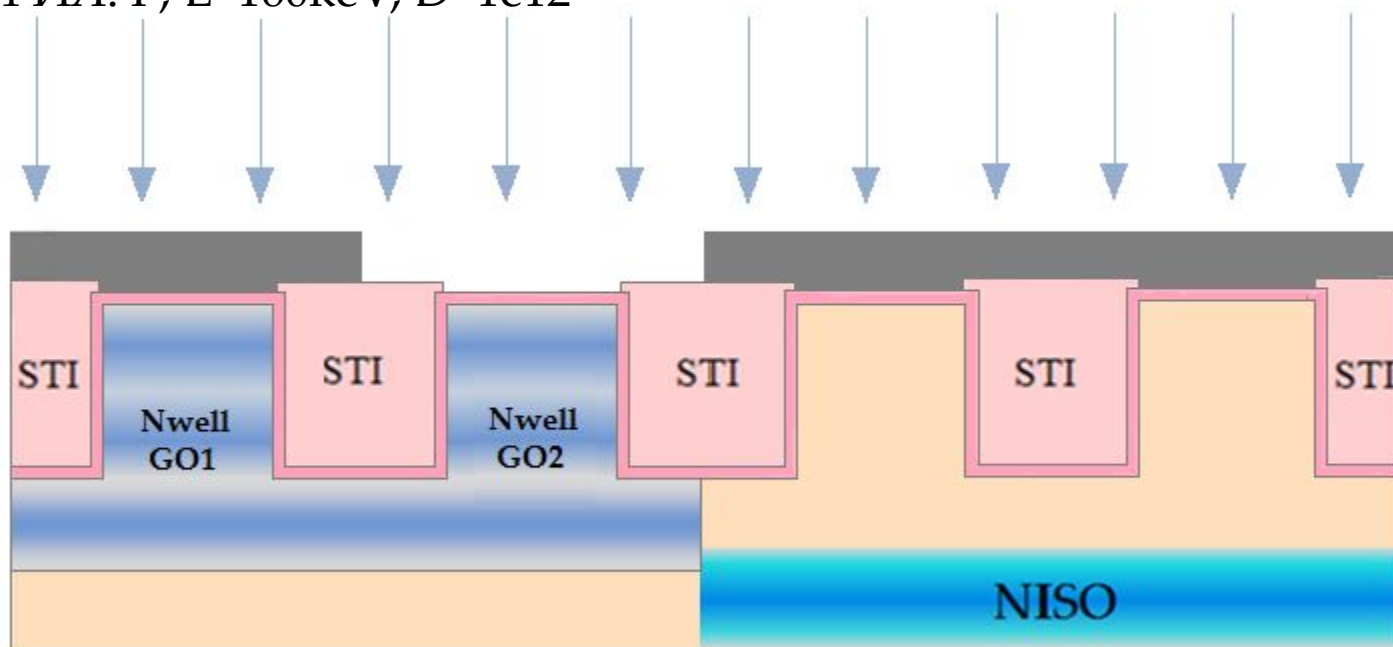
(проводится три операции ИЛ в одну маску с разным типов примеси, энергии и дозы: создание тела кармана, локальный пик примеси на уровне стоков \ истоков, подгонка пороговых напряжений)

1 ИЛ: P, E~ 500keV, D~ 1e13

2 ИЛ: P, E~200keV, D~1e13

3 ИЛ: As, E~ 100keV, D~1e13

4 ИЛ: P, E~160keV, D~1e12



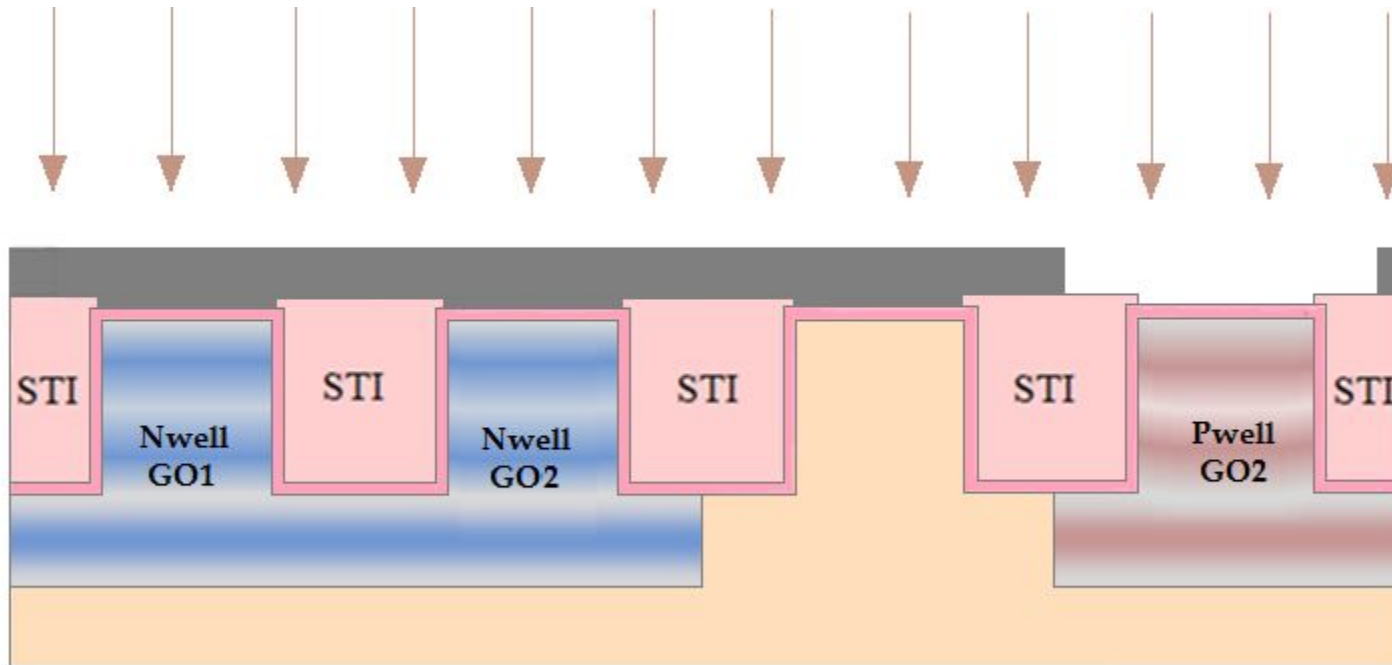
## Формирование P кармана транзистора GO2

(проводится три операции ИЛ в одну маску с разным типом примеси, энергии и дозы: создание тела кармана, локальный пик примеси на уровне стоков \ истоков, подгонка пороговых напряжений)

1 ИЛ: B,  $E \sim 400\text{keV}$ ,  $D \sim 1e13$

2 ИЛ: B,  $E \sim 100\text{keV}$ ,  $D \sim 1e13$

3 ИЛ: B,  $E \sim 25\text{keV}$ ,  $D \sim 5e12$



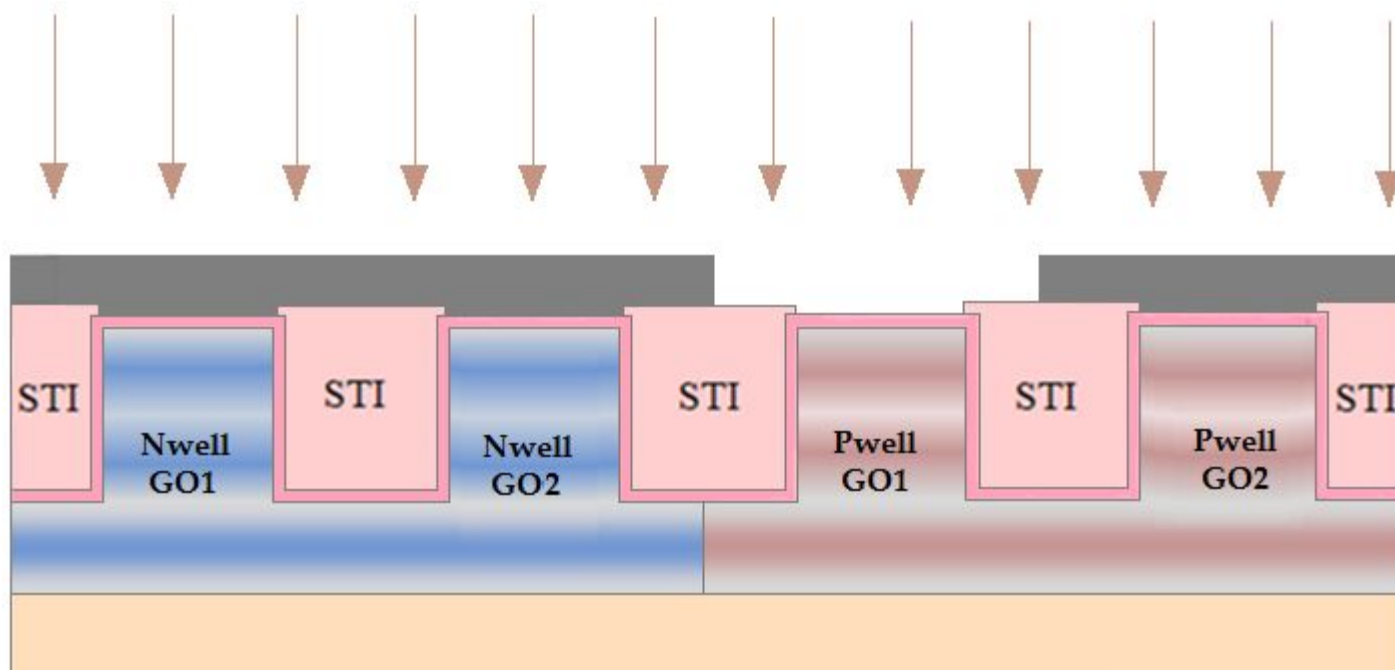
## Формирование P кармана транзистора GO1

(проводится три операции ИЛ в одну маску с разным типом примеси, энергии и дозы: создание тела кармана, локальный пик примеси на уровне стоков \ истоков, подгонка пороговых напряжений)

1 ИЛ: B,  $E \sim 400\text{keV}$ ,  $D \sim 1e13$

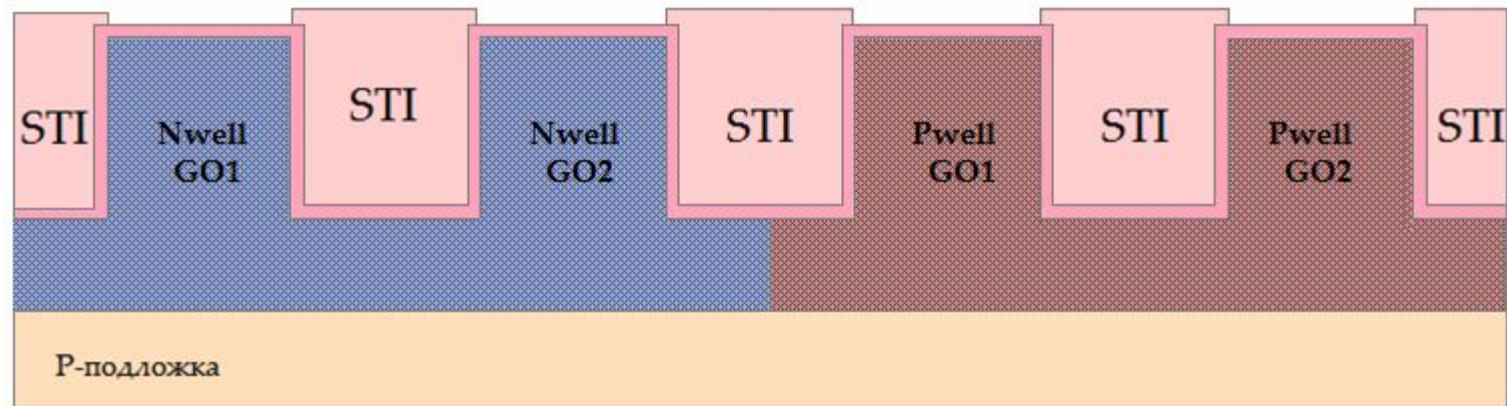
2 ИЛ: B,  $E \sim 100\text{keV}$ ,  $D \sim 1e13$

3 ИЛ: B,  $E \sim 15\text{keV}$ ,  $D \sim 4e13$





Активация примеси и отжиг дефектов структуры  
RTP ~ 1000C

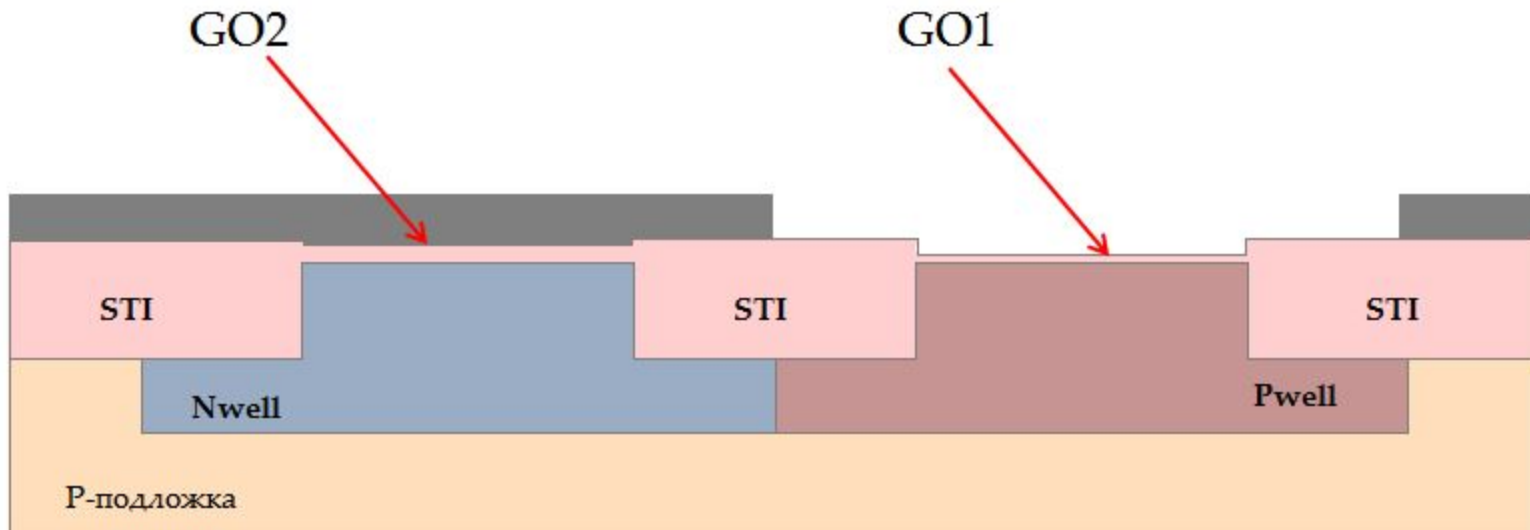


RTO формирование окисла GO2 (~ 50Å)  
(далее на схеме отображены два типа транзисторов:  
PMOS GO2 и NMOS GO1)

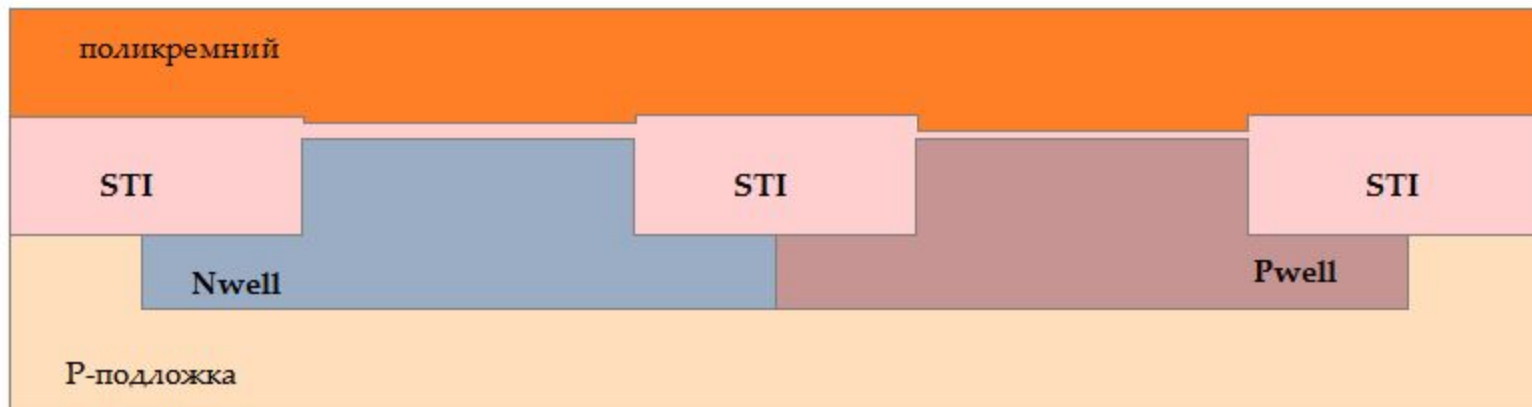


Формирование маски для удаления GO2 и последующего  
выращивания окисла GO1

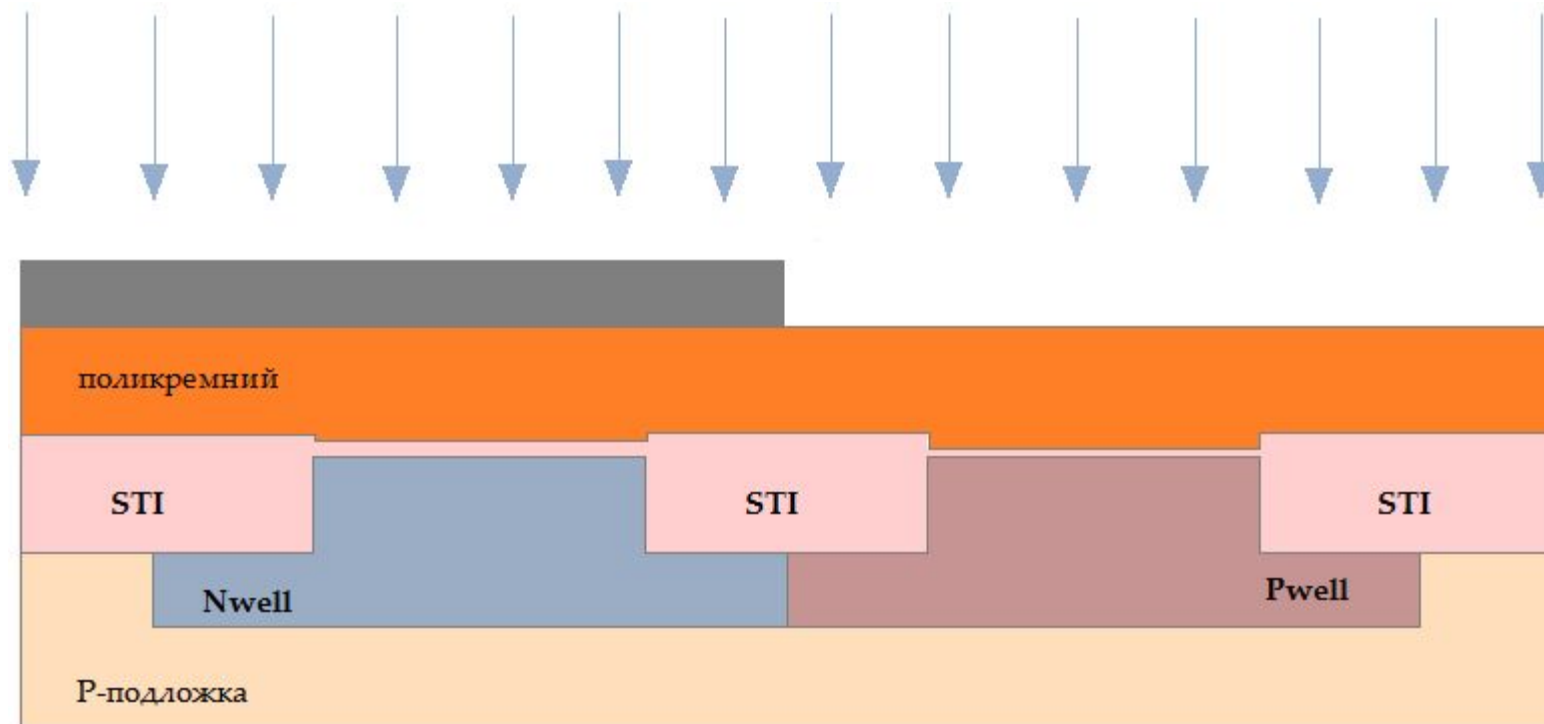
RTO формирование окисла GO1 (~ 20А), с фазой нитридизации  
окисла (увеличивает  $E_{ox}$  и снижает эффект диффузии бора в  
подзатворный д\э из затвора)



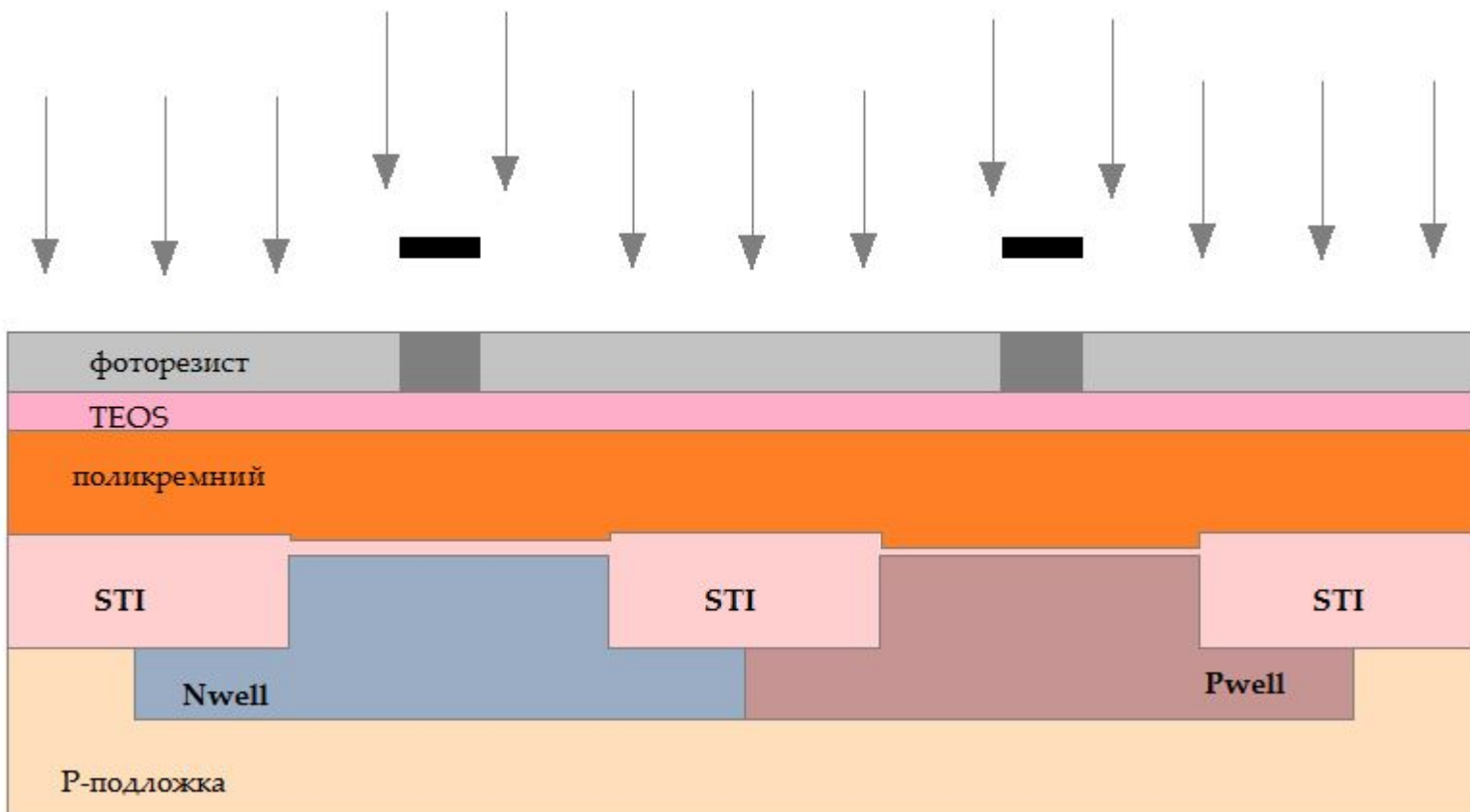
LPCVD Poly (~ 1500Å)



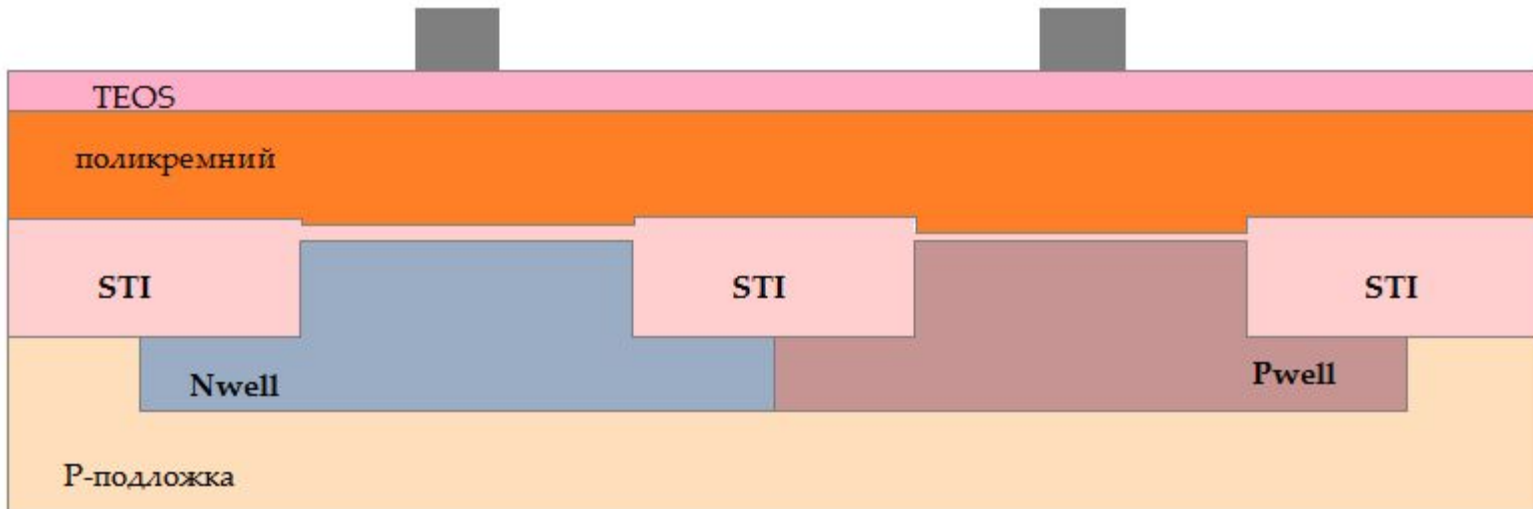
Формирование маски (слой N+сток\исток) для легирования затворов NMOS и разводки Poly (затвор PMOS транзисторов легируется P-типом примесью во время формирования стоков\истоков).



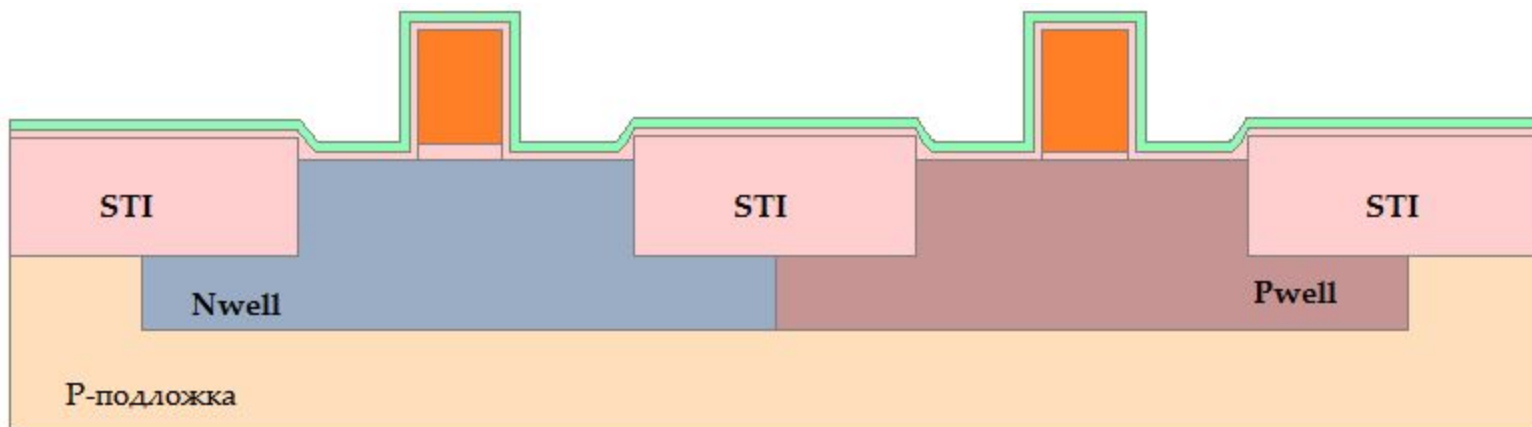
1. Нанесение слоя фоторезиста
2. Экспонирование
3. Формирование маски затвора. Минимальный размер темного элемента  $\sim 0,1\mu\text{м}$  светлого  $\sim 0,13\mu\text{м}$



Слой TEOS используется в качестве маски для травления затвора.



Осаждение LPCVD TEOS (~100Å) + LPCVD Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (~150Å) под первый спейсер (offset)  
- ПХТ формирование спейсера (до остаточного окисла ~ 50Å)

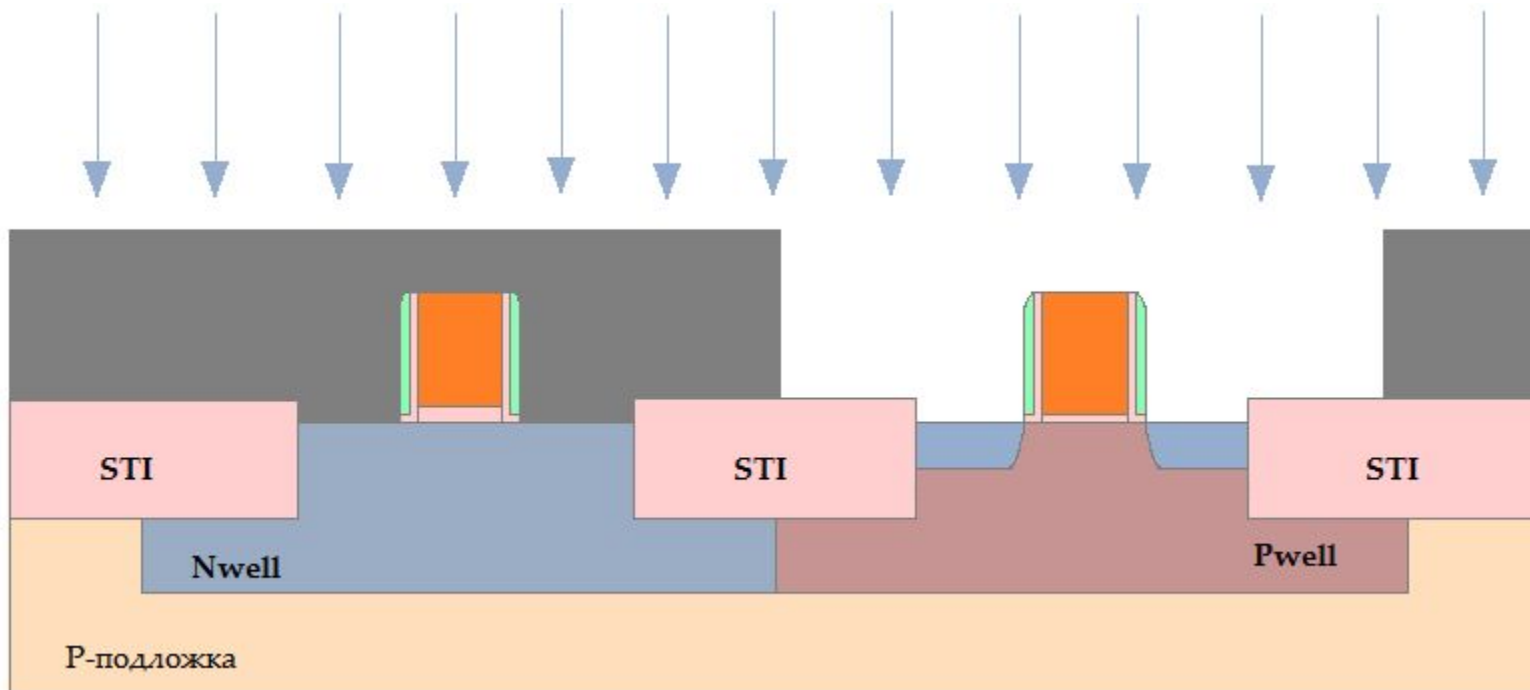




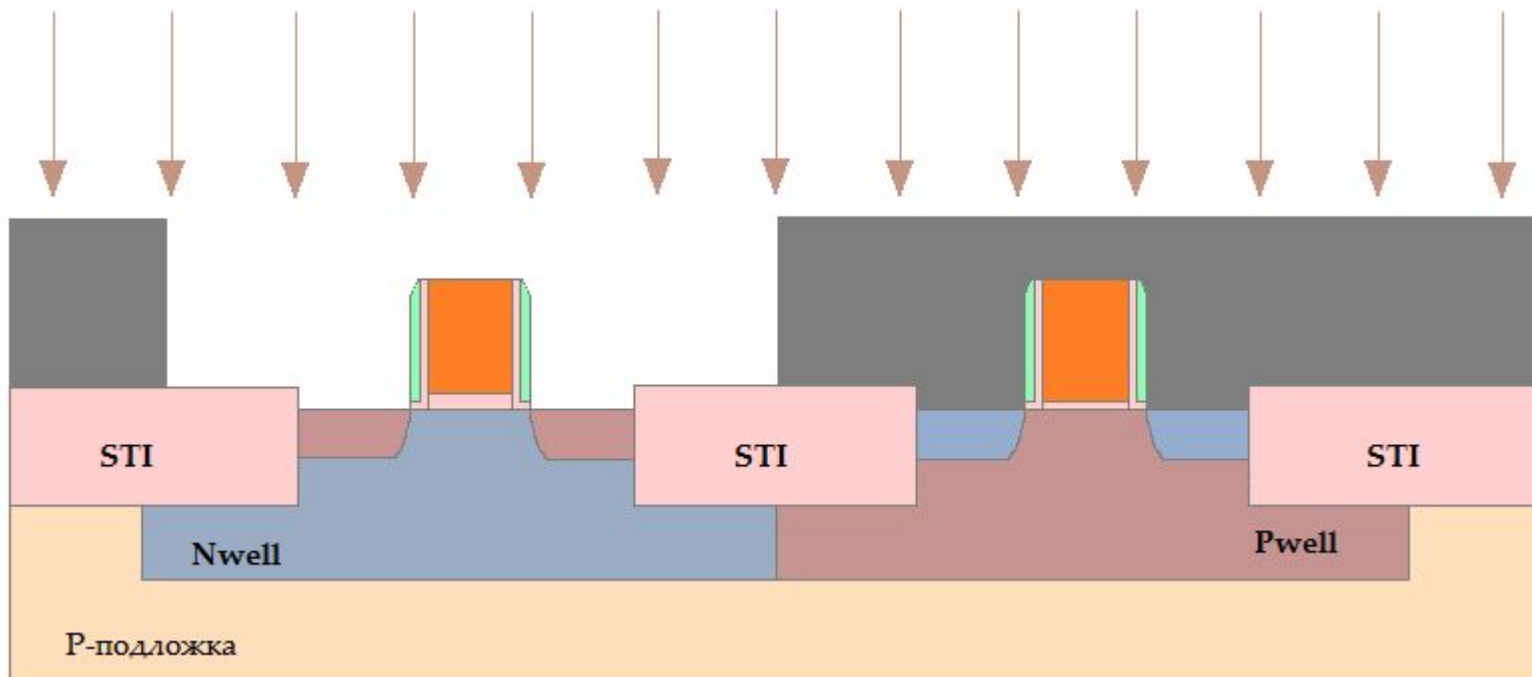
## Формирование областей NLDD (для GO1 транзисторов)

Проводится три легирования с разными параметрами:

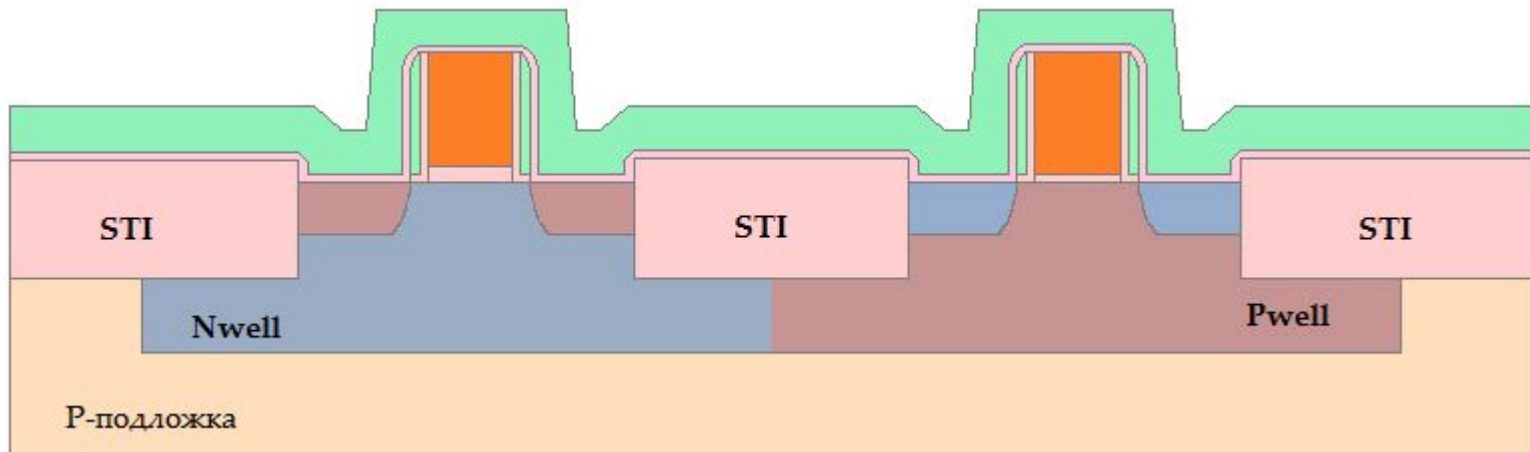
- Rocket области (P-тип примеси для снижения короткоканальных эффектов).
- BF<sub>2</sub>, E~50keV, D~5e13, Угол ~ 25
- Halo области (P-тип примеси для снижения утечки перехода сток-подложка)  
B, E~15keV, D~1e13
- NLDD области (формирование собственно областей N-типа)  
As, E~3keV, D~2e15



Формирование областей PLDD (для GO1 транзисторов, схематично показано на примере GO2)  
Проводится три легирования (\*аналогично NLDD)

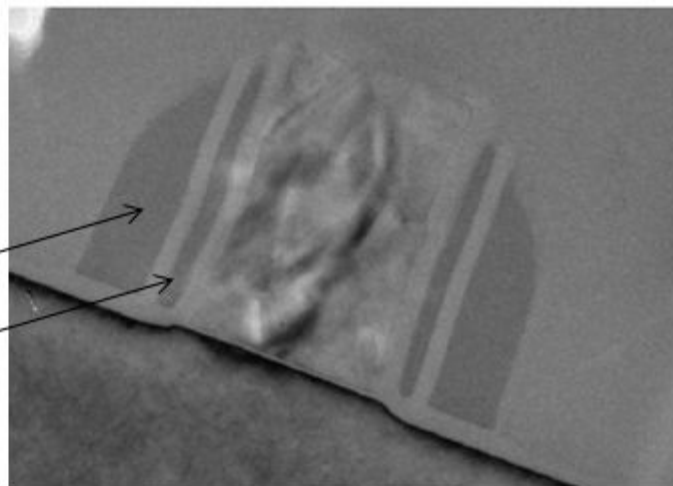


Осаждение LPCVD TEOS (~100Å) + LPCVD Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> (~ 400Å) под второй спейсер  
- ПХТ формирование спейсера (до остаточного окисла ~ 70Å)

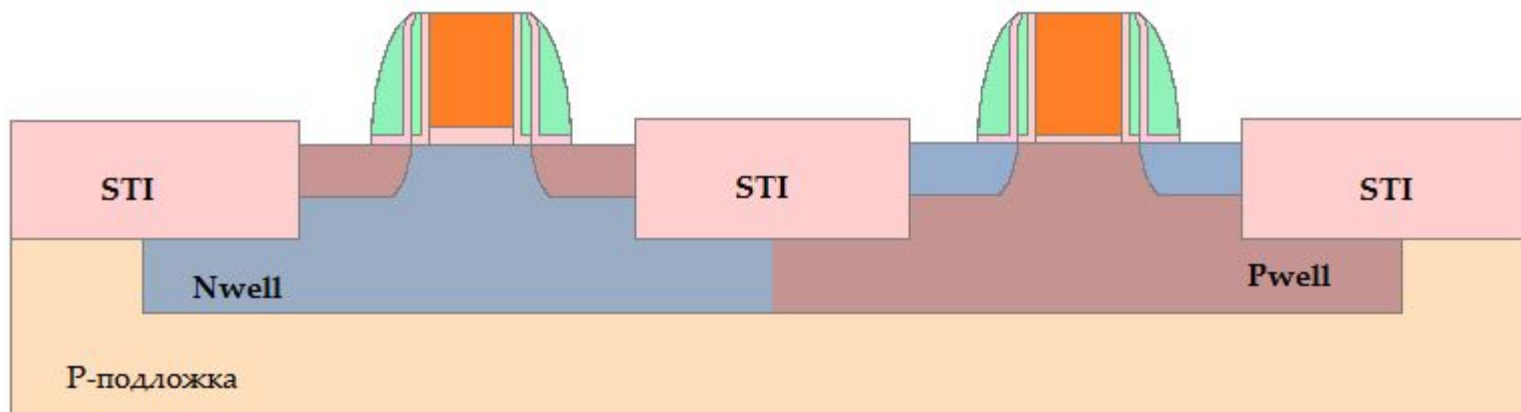


- ПХТ формирование спейсера

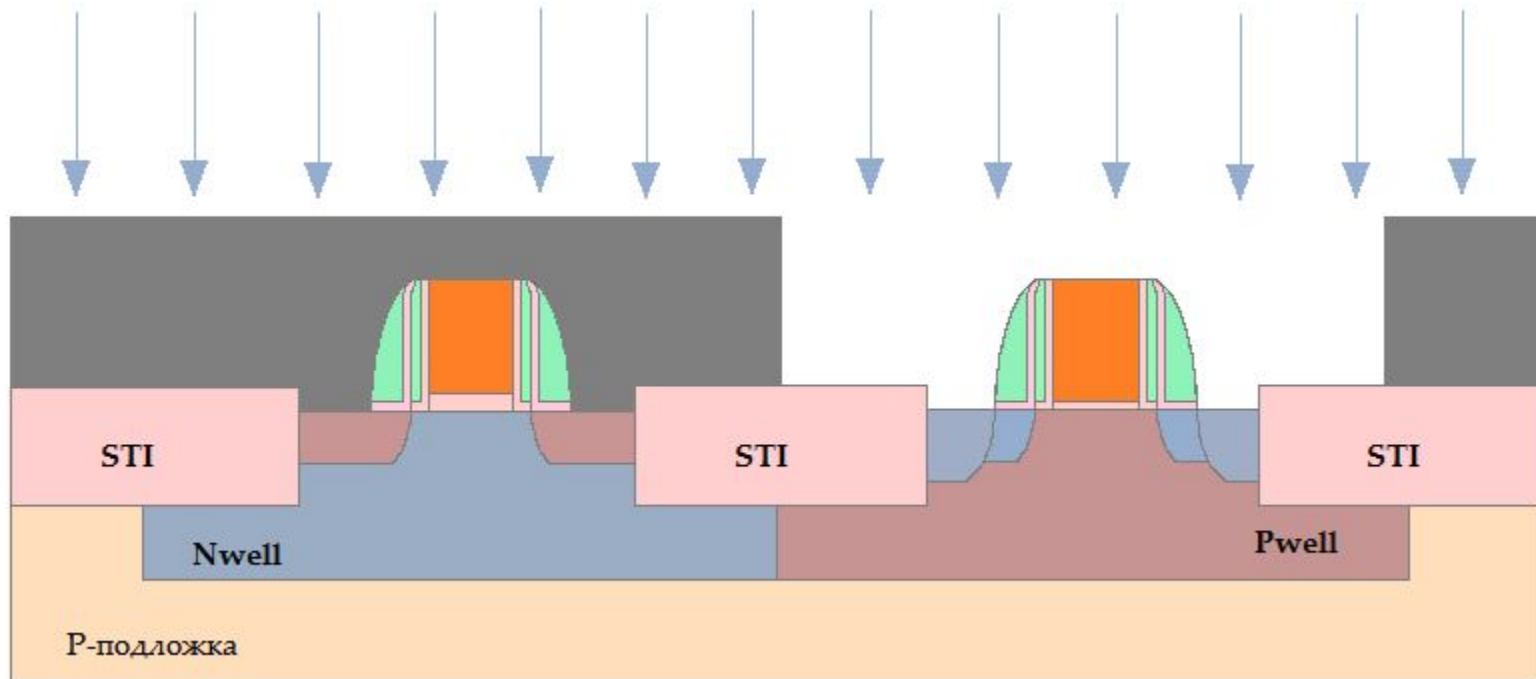
ТЕМ вид затвора  
реальной структуры



2 спейсер + 1  
спейсер



## Формирование областей N+стоков \ истоков



## Формирование областей P+стоков \ истоков

