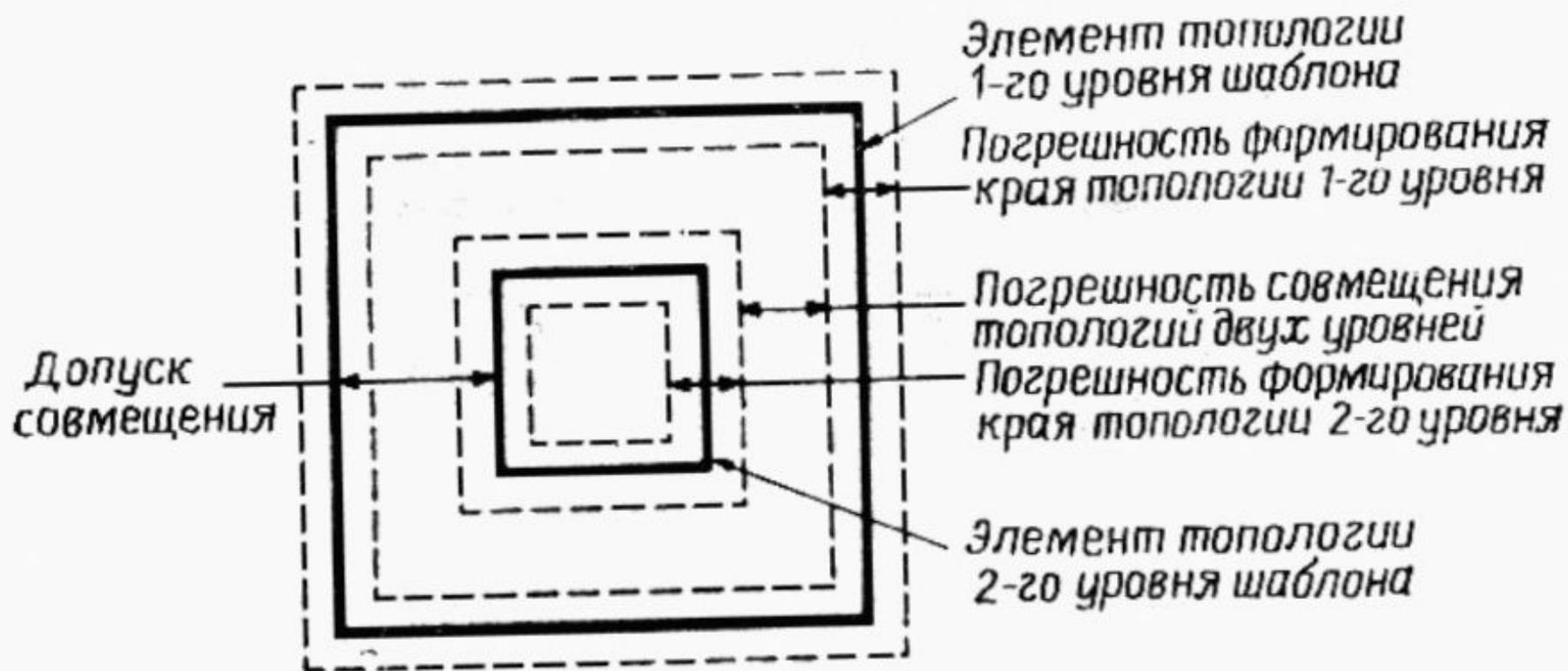


**Разработка
конструктивно-
технологических
ограничений**



Систематические погрешности

- увеличение размера проэкспонированной области при фотолитографии, $\delta_{фл}$, ($\approx 10\% L$ в каждую сторону);
- боковое травление удаляемого материала, $\delta_{тр}$, (при жидкостном травлении приблизительно равно толщине удаляемого слоя, d , в каждую сторону);
- боковая диффузия ($\approx 70\%$ от толщины слоя, L).

Размер элемента на фотошаблоне отличается от размера элемента в структуре на величину систематической погрешности.

Случайные погрешности

- неточность изготовления фотошаблона, $\delta_{сл фл}$, ($\approx 10 \% N$);
- ошибка совмещения фотошаблонов, Δ , ($\approx 10 \% N$);
- погрешность при травлении, $\delta_{сл тр}$, ($\approx 30 \% \delta_{тр}$ в каждую сторону);
- погрешность боковой диффузии ($\approx 30 \%$ от боковой диффузии, т.е. $20 \% L$, в каждую сторону).

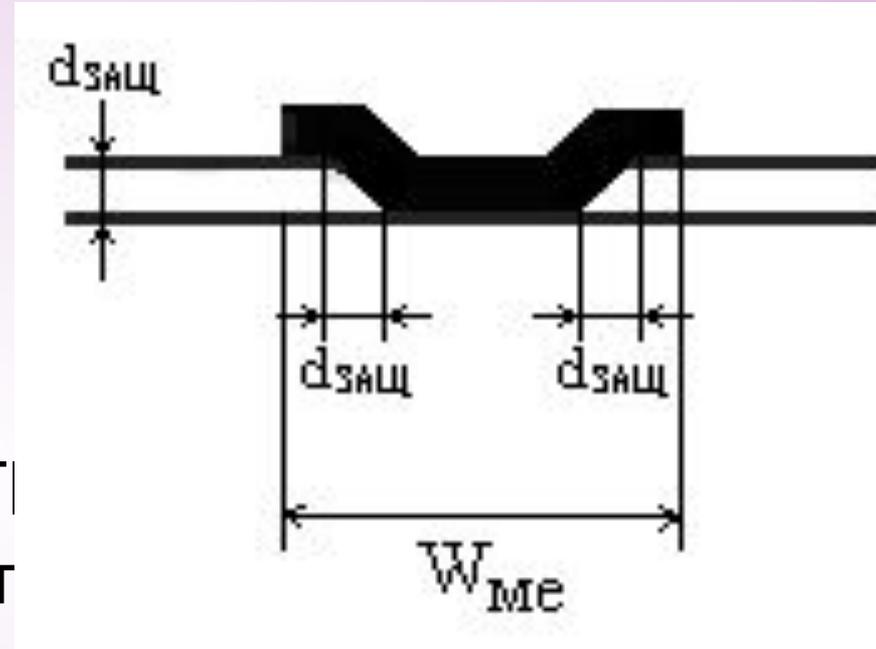
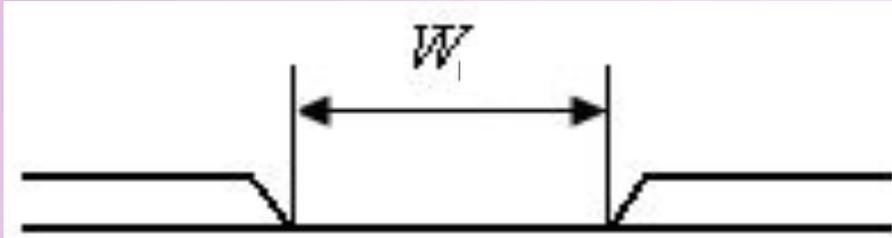
Расчетный размер элемента на фотошаблоне и соответствующий ему

размер элемента в структуре –

номинальные размеры.

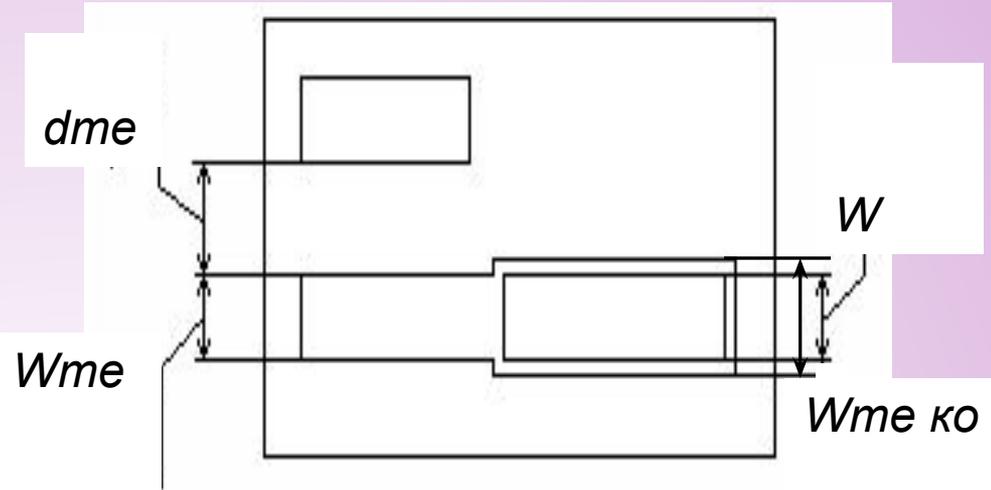
Реальный размер элемента = номинальный размер \pm случайные погрешности

Контактное окно



- $W = N + 2\delta_{фл} + 2 \cdot \delta_{тр}$
- $W_{min} = W - \delta_{сл} \text{ фл} - 2 \cdot \delta_{сл} \text{ тр}$
- $W_{max} = W + \delta_{сл} \text{ фл} + 2 \cdot \delta_{сл} \text{ тр}$
- $W_{me \text{ KO } min} = W_{max} + 2 d_{SiO_2} + 2\Delta + \delta_{зап}$
- $W_{me \text{ KO}} = W_{me \text{ KO } min} + 2 \delta_{сл} \text{ тр} \text{ ме} + \delta_{сл} \text{ фл}$,
- $W_{me \text{ KO } max} = W_{me \text{ KO}} + 2 \delta_{сл} \text{ тр} \text{ ме} + \delta_{сл} \text{ фл}$
- $W_{me \text{ KO } ФШ} = W_{me \text{ KO}} + 2 \delta_{тр} \text{ ме} + 2 \delta_{фл}$.

Дорожки металлизации

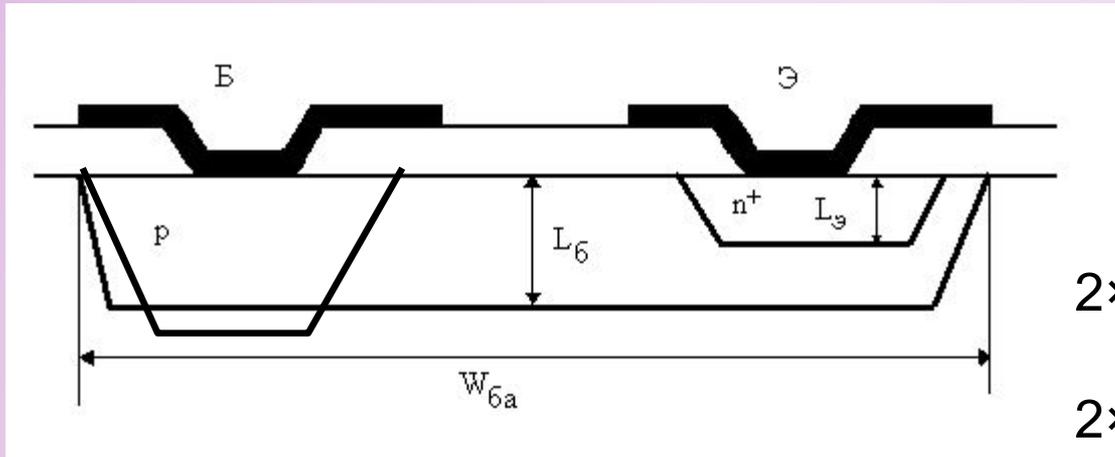


- $Wme = N - 2 \delta_{тр\ me} - 2 \delta_{фл}$
- $Wme_{min} = Wme - 2 \delta_{сл\ тр\ me} - \delta_{сл\ фл}$

Расстояние между дорожками металлизации

- $dme = N + 2 \delta_{тр\ me} + 2 \delta_{фл}$
- $dme_{min} = dme - 2 \delta_{сл\ тр\ me} - \delta_{сл\ фл}$

База транзистора



$$W_{пб} \text{ ФШ} = N$$

$$W_{пб} = N + 2 \delta \text{ тр} + 2 \delta \text{ фл} + 2 \times 0.7 \cdot L_{пб}$$

$$W_{пб} \text{ max} = W_{пб} + 2 \times 0.2 \cdot L_{пб} + 2 \delta \text{ сл тр} + \delta \text{ сл фл}$$

Минимальное расстояние от края эмиттера до края базы две длины базы $2(L_{б} - L_{э})$

Минимальное расстояние от эмиттера до контакта к базе $2(L_{б} - L_{э})$

Минимальное расстояние между двумя эмиттерами $2(L_{б} - L_{э})$

Минимальное расстояние от эмиттера до пассивной базы $(L_{б} - L_{э})$

$W_{б} \text{ min} = W_{э} \text{ max} + 4\Delta + 4(L_{б} - L_{э}) + W_{\text{max}} + 4\Delta$ (если пассивной базы нет)

$W_{ба} \text{ min} = W_{э} \text{ max} + 4\Delta + 3(L_{б} - L_{э}) + W_{пб} \text{ max}$

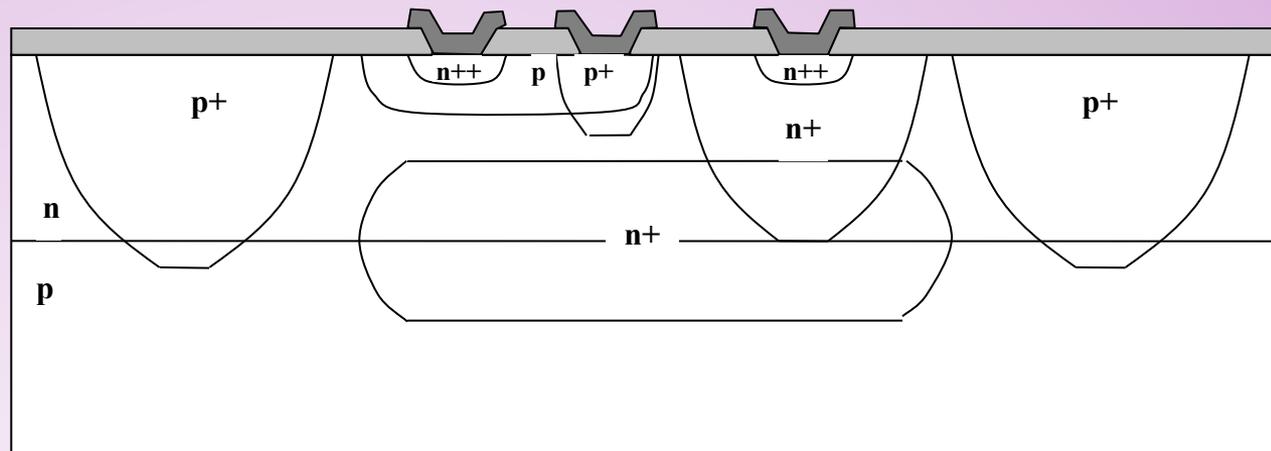
в поперечном направлении $W_{б2} \text{ min} = W_{э} \text{ max} + 4\Delta + 4(L_{б} - L_{э})$

$W_{б} = W_{б} \text{ min} + 2 \times 0.2 \cdot L_{б} + 2 \delta \text{ сл тр} + \delta \text{ сл фл}$

$W_{б} \text{ max} = W_{б} + 2 \times 0.2 \cdot L_{б} + 2 \delta \text{ сл тр} + \delta \text{ сл фл}$

$W_{б} \text{ ФШ} = W_{б} - 2 \delta \text{ тр} - 2 \delta \text{ фл} - 2 \times 0.7 \cdot L_{б}$

Глубокий коллектор

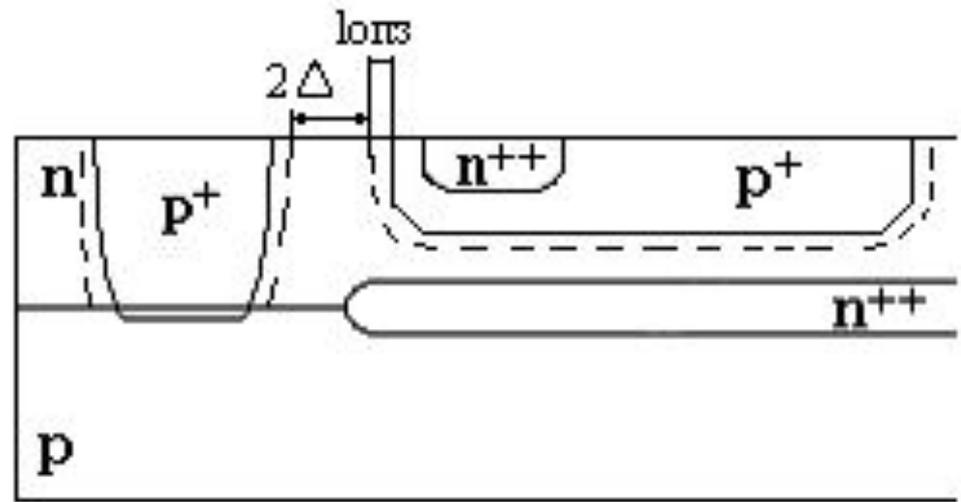


Размер окна для создания области глубокого коллектора равен технологической норме, N .

Если глубокий коллектор не ограничен диэлектриком, то размер глубокого коллектора в структуре будет равен:

- $W_{гк} = N + 2 \delta_{тр} + 2 \delta_{фл} + 2 \times 0.7 \cdot L_{гк}$,
- $W_{гк \max} = W_{гк} + 2 \times 0.2 \cdot L_{гк} + 2 \delta_{сл \ тр} + \delta_{сл \ фл}$.

ОПЗ коллекторного перехода и ОПЗ изолирующего перехода не должны перекрываться и не должны заходить в область глубокого коллектора

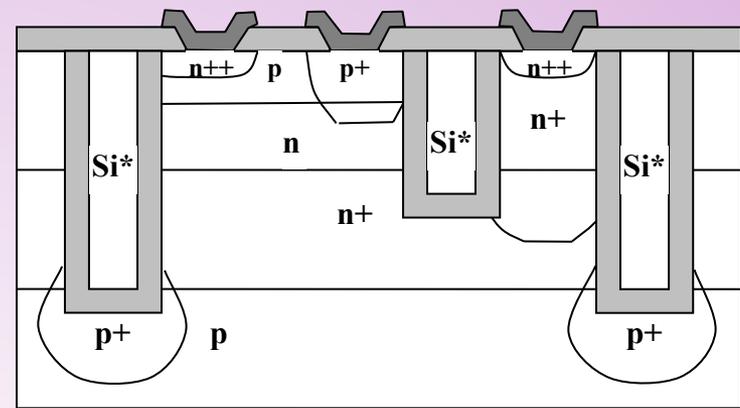


Чтобы это обеспечить, нужно **оставить** между ОПЗ коллекторного перехода и областью глубокого коллектора, между ОПЗ коллекторного перехода и ОПЗ изолирующего перехода, между ОПЗ изолирующего перехода и областью глубокого коллектора **запас в две ошибки совмещения, 2Δ** .

Таким образом, минимальное расстояние между краями разделительных областей:

- $W_{\Sigma} \min = W_{гк} \max + W_{б} \max + 2 L_{опз} \text{ бк} + 2 L_{опз} \text{ и} + 6\Delta$.

Щелевая или изопланарная изоляция



- Если структура изолирована диэлектрическими областями, то **край окна для создания эмиттера и край окна для создания базы совпадают с краем изолирующей области**, т.е. отступ между эмиттером и базой будет только в одну сторону. Боковая диффузия в сторону канавки идти не будет, ошибки совмещения и все погрешности тоже считаются только в одну сторону, где рассчитываемая область не ограничена диэлектриком.
- Поскольку активная база в этом случае будет ограничена диэлектриком со всех сторон, то ее границы на фотошаблоне должны совпадать с краями изолирующих областей. **Минимальное расстояние между изолирующими областями равно рассчитанному минимальному размеру базы.**
- Минимальное расстояние между диэлектрическими областями, ограничивающими **глубокий коллектор**, равно

Разделительные области

- На фотошаблоне **ширина разделительной области** берется равной N .

Номинальная ширина разделительной области в структуре с изоляцией обратно смещенным $p-n$ -переходом :

$$W_p = N + 2 \delta_{тр} + 2 \delta_{фл} + 2 \times 0.7 \cdot L_p,$$

а максимальная:

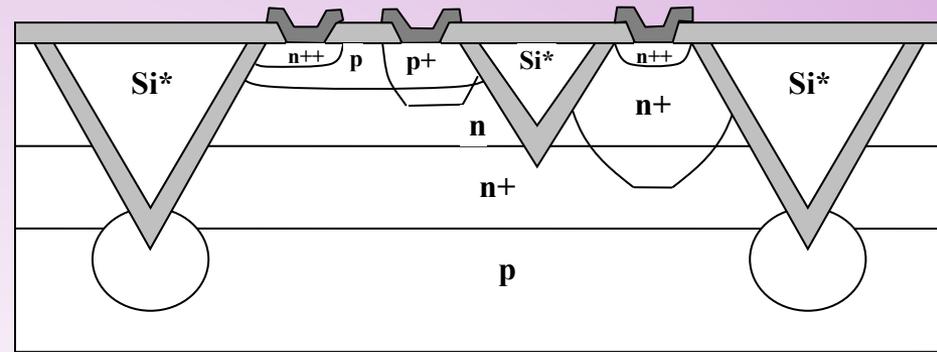
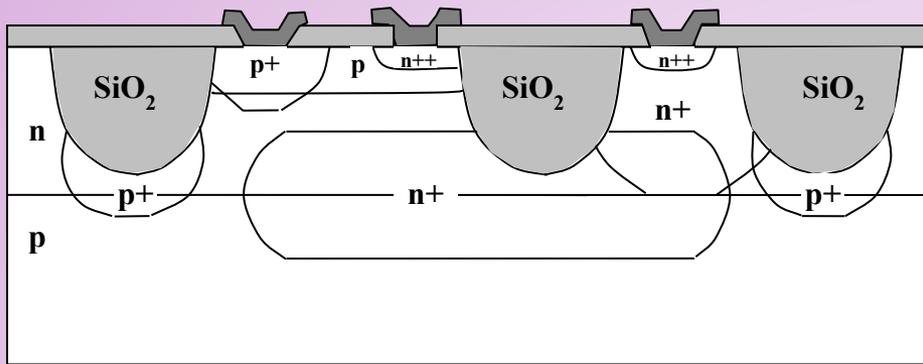
$$W_{p \max} = W_p + 2 \times 0.2 \cdot L_p + 2 \delta_{сл \ тр} + \delta_{сл \ фл}.$$

- В случае щелевой изоляции **ширина канавки** на фотошаблоне берется равной N . Номинальная ширина канавки в структуре:

$$W_{и} = N + 2 \delta_{фл} + 2 \cdot \delta_{тр} + d_{\text{SiO}_2}$$

а максимальная:

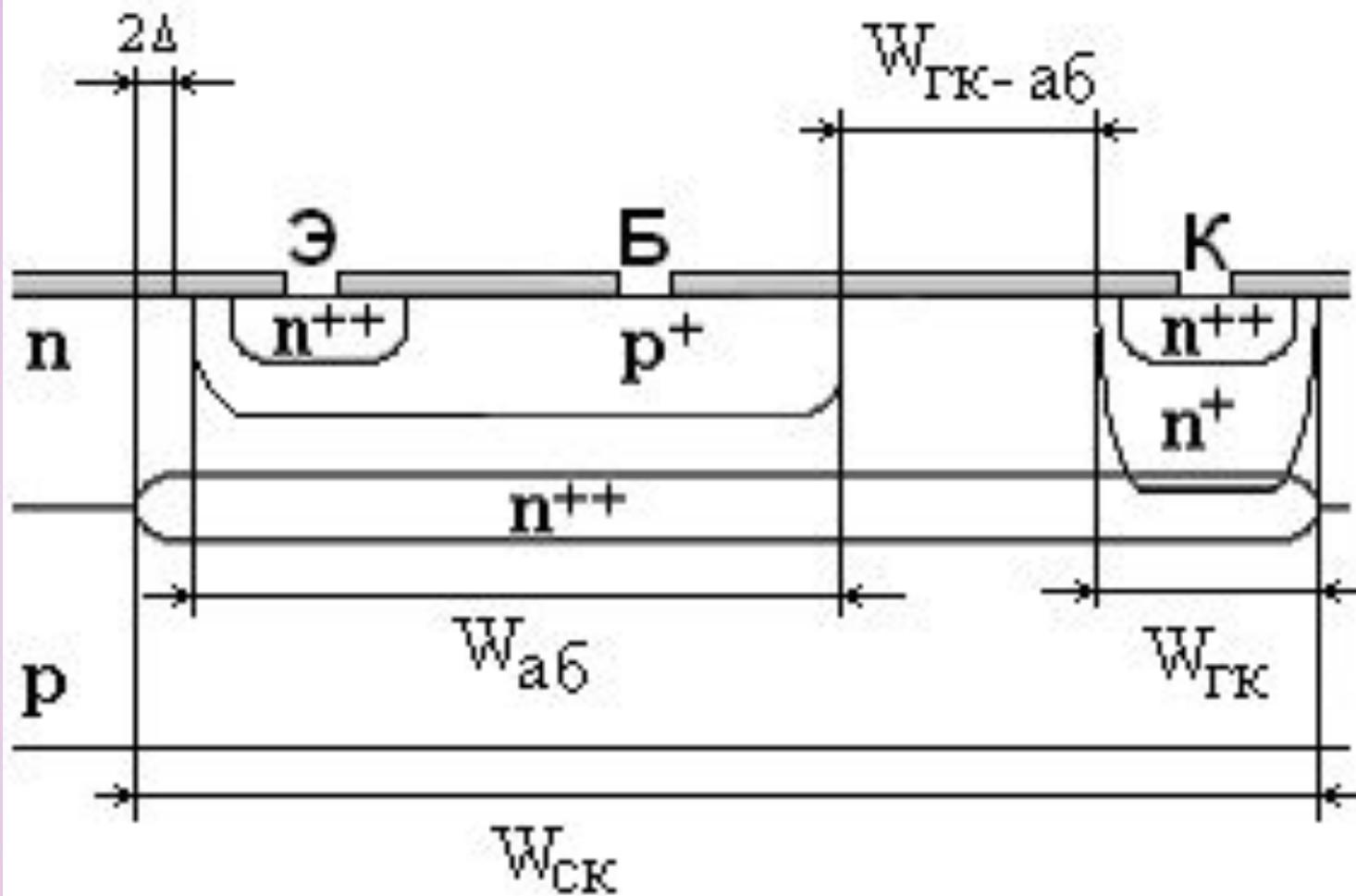
$$W_{и \max} = W_{и} + \delta_{сл \ фл} + 2 \cdot \delta_{сл \ тр} + 0,3 d_{\text{SiO}_2}$$



- В случае изопланарной изоляции размер канавки, получившейся в результате травления, не должен быть меньше, чем **две глубины канавки**. Тогда размер изолирующей области в структуре получится равным **двум глубинам изолирующей области $\pm 30\%$** .
- При травлении V-образных канавок размер окна в маске определяет их глубину:

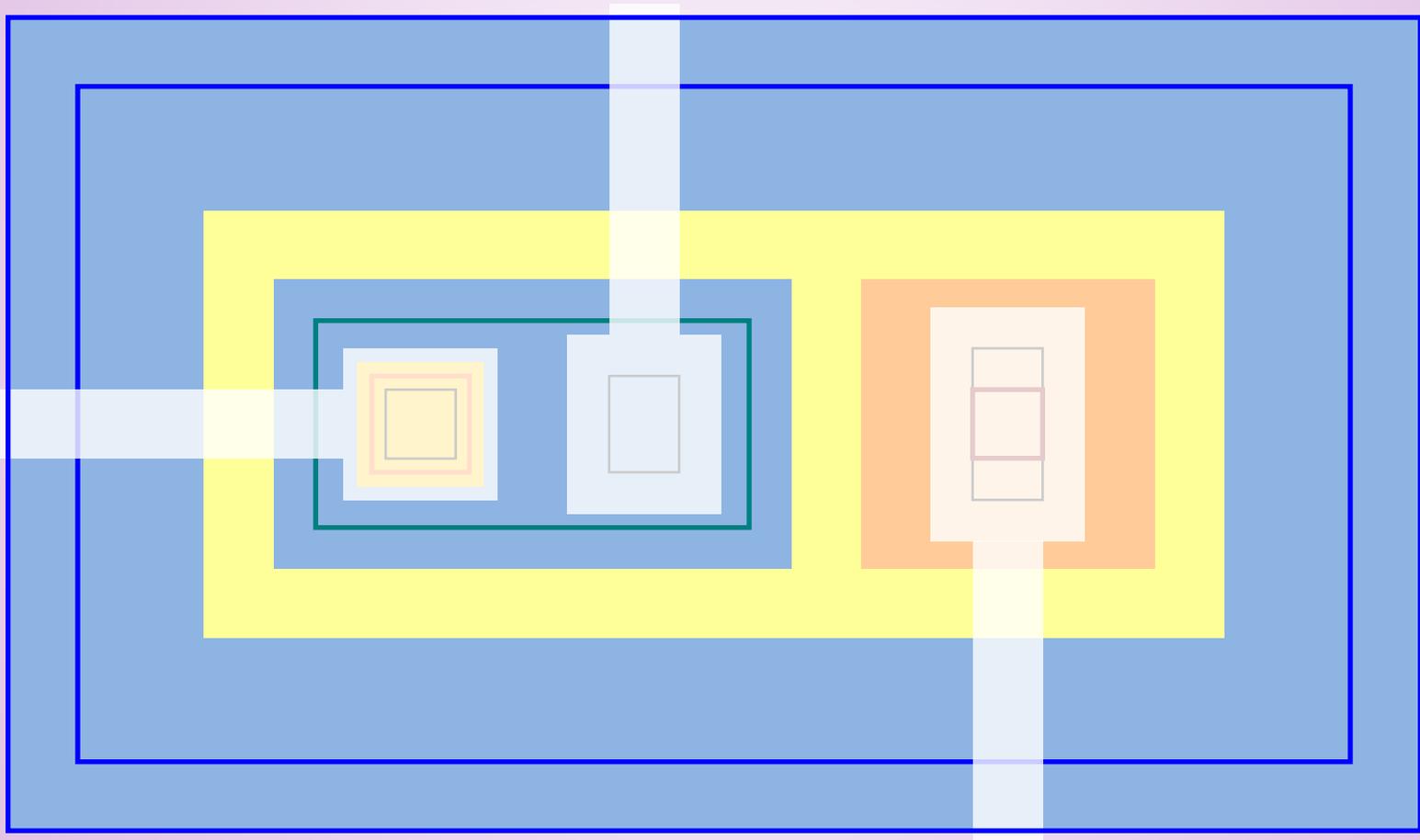
$$L_{\text{канавки}} = W_{\text{окна}} / \sqrt{2}$$

Соответственно окно в маске берем равным **глубине канавки умноженной на корень из двух**



Размер скрытого слоя

Биполярный транзистор с изоляцией *p-n*-переходом



Биполярный транзистор с диэлектрической изоляцией

