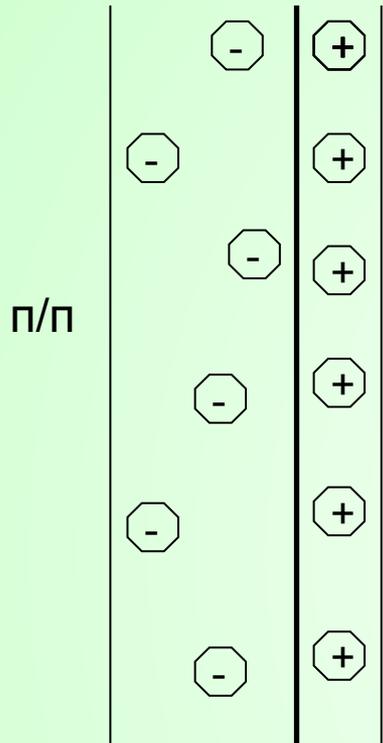


Удаление слоев (травление)

граница раздела

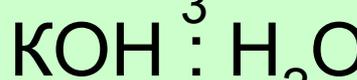
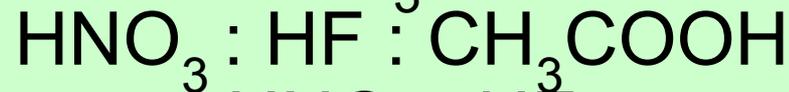


п/п

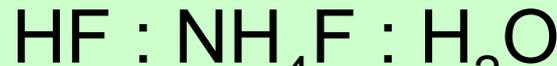
электро-

Если скорость травления лимитируется процессами поступления травителя или отвода продуктов реакции –

травители для кремния:

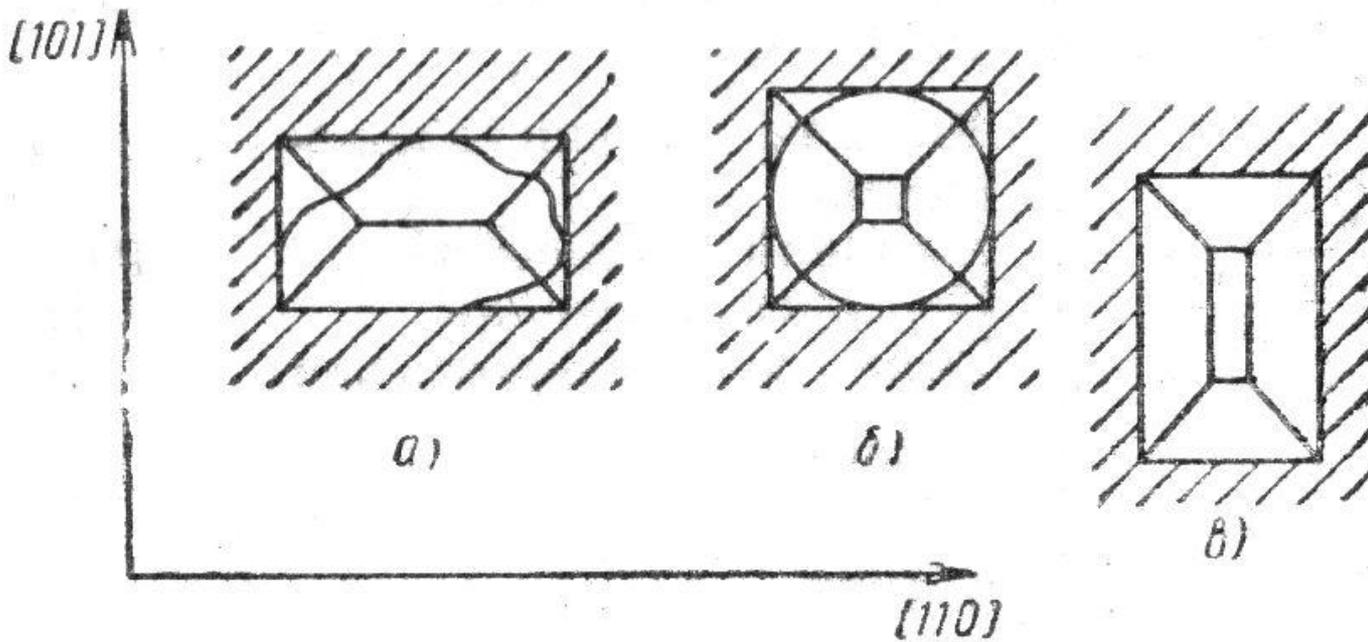
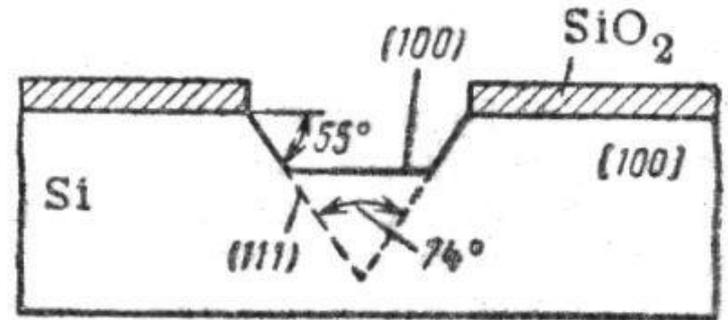
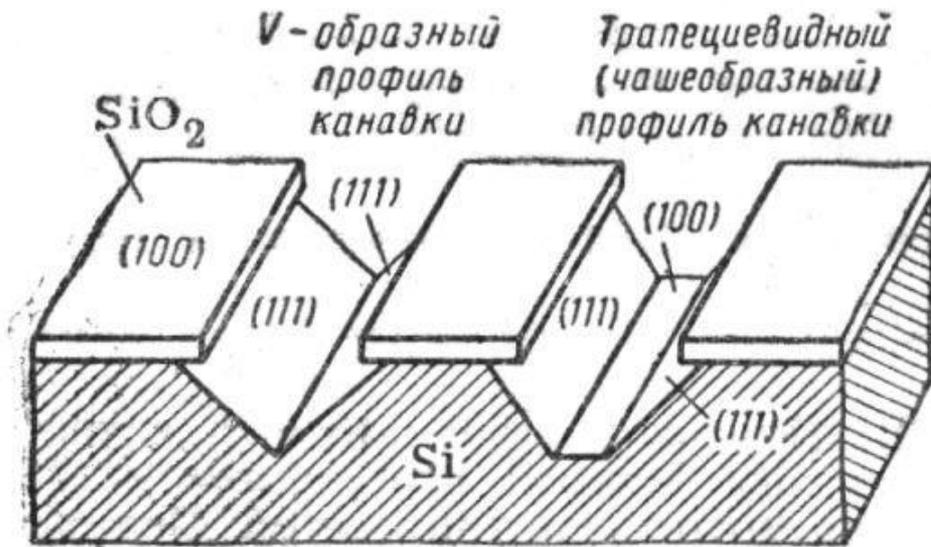


травители для оксида кремния



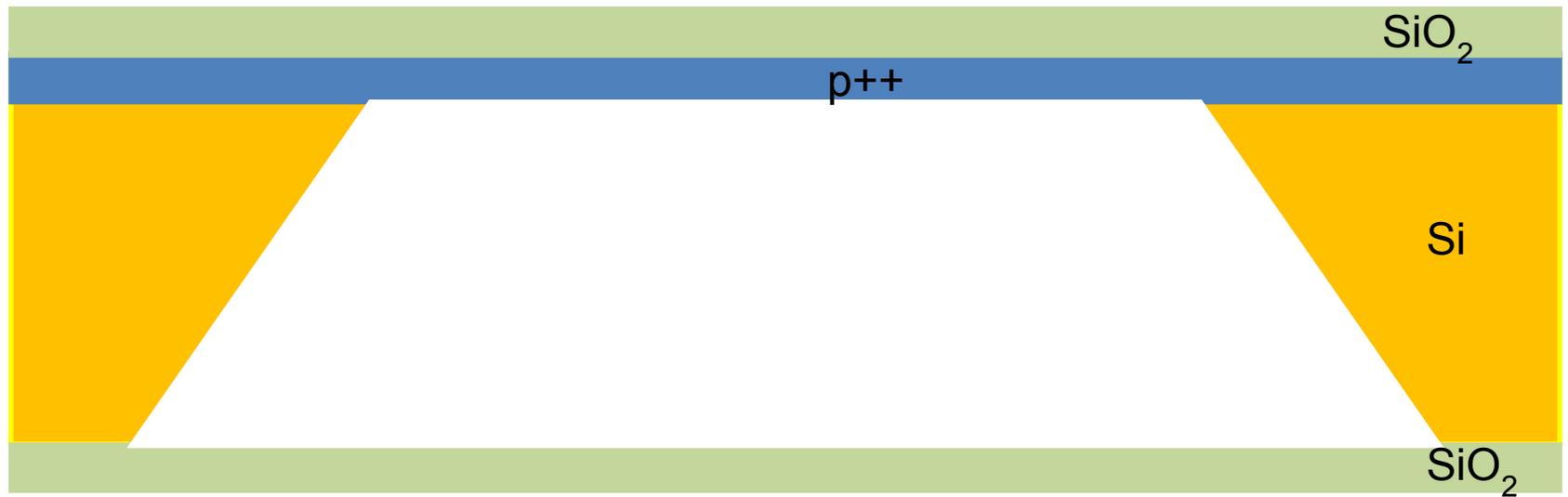
• на скорость травления

Поверхность (100)
пересекается четырьмя
плоскостями (111)



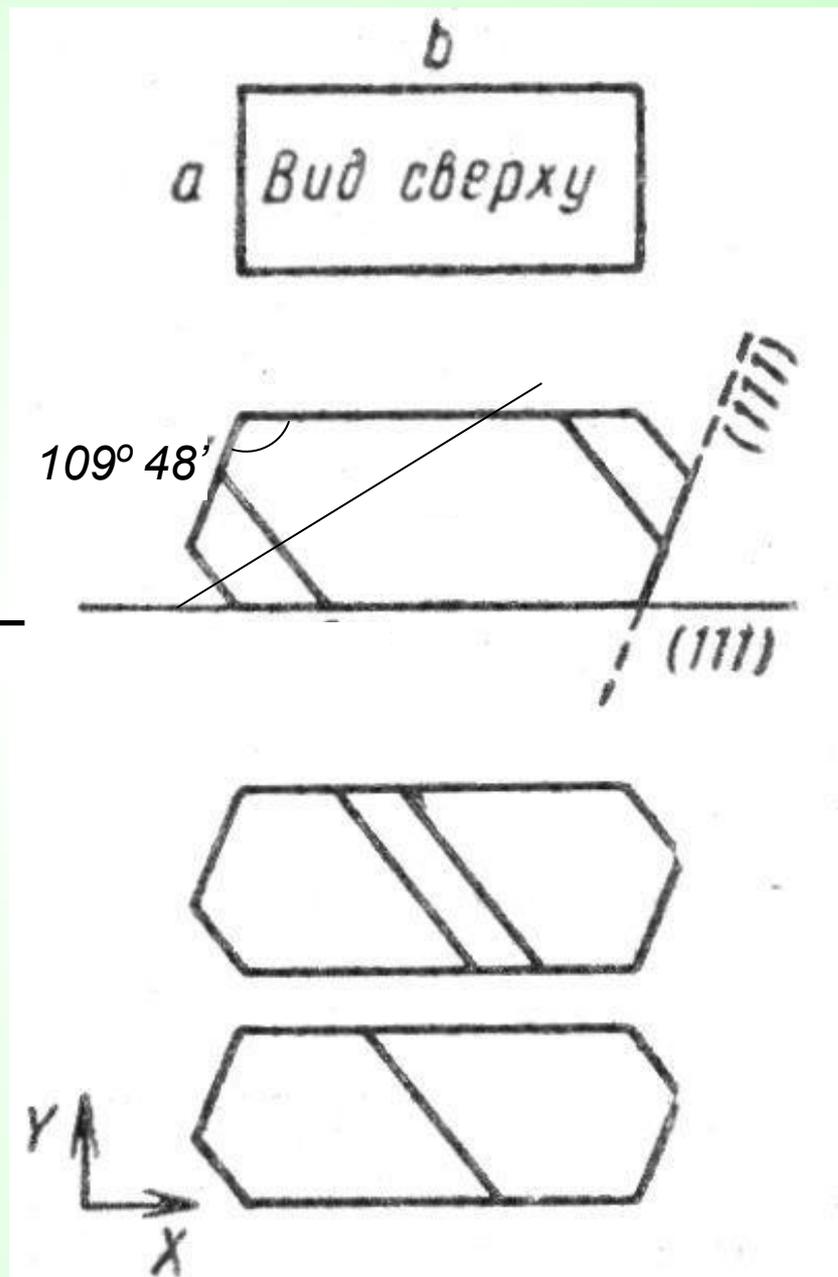
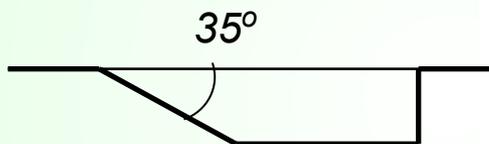
Получение
V-
образных
канавок в
(100) Si

Формирование мембраны



Получение U- образных канавок в (110) Si

Поверхность
пересекается
шестью
плоскостями
(111)
(четыре под
углом 90° ,
две под углом
 $35^\circ 26'$)



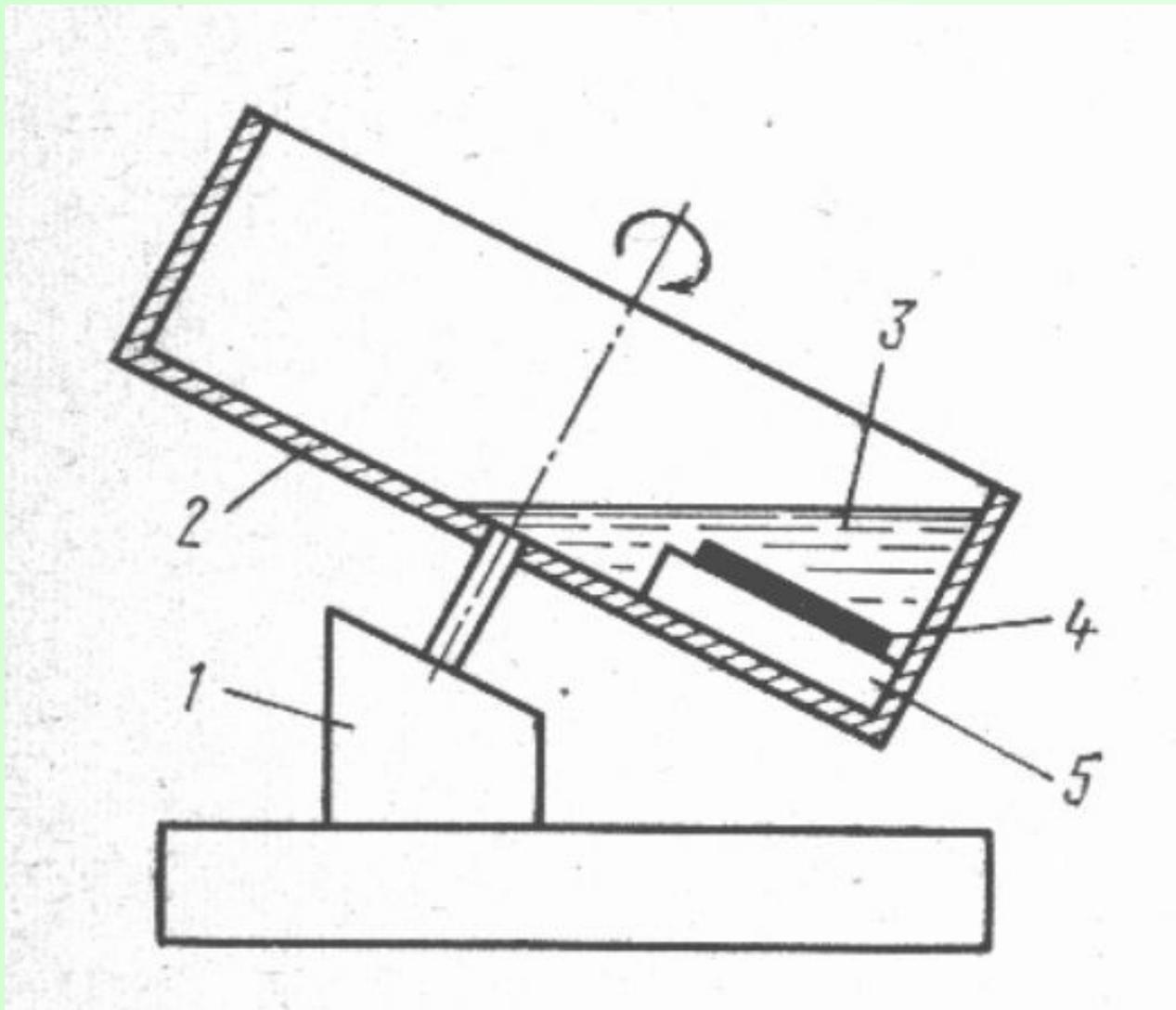


Схема химико-динамического травления

Методы сухого травления

A↓

- Ионно-лучевое травление
- Ионно-плазменное травление

Травление по механизму физического распыления

S↑

- Реактивное ионное травление
- Плазменное травление

Сочетание химических реакций в ходе которых образуются летучие или квазилетучие соединения и физического воздействия ионной бомбардировки

Образование граней

Анизотропия: $A = 1 - v_{\text{б}} / v_{\text{в}}$

Селективность: $S_{\text{fm}} = v_{\text{пл}} / v_{\text{маск}}$

$$S_{\text{fs}} = v_{\text{пл}} / v_{\text{подл}}$$

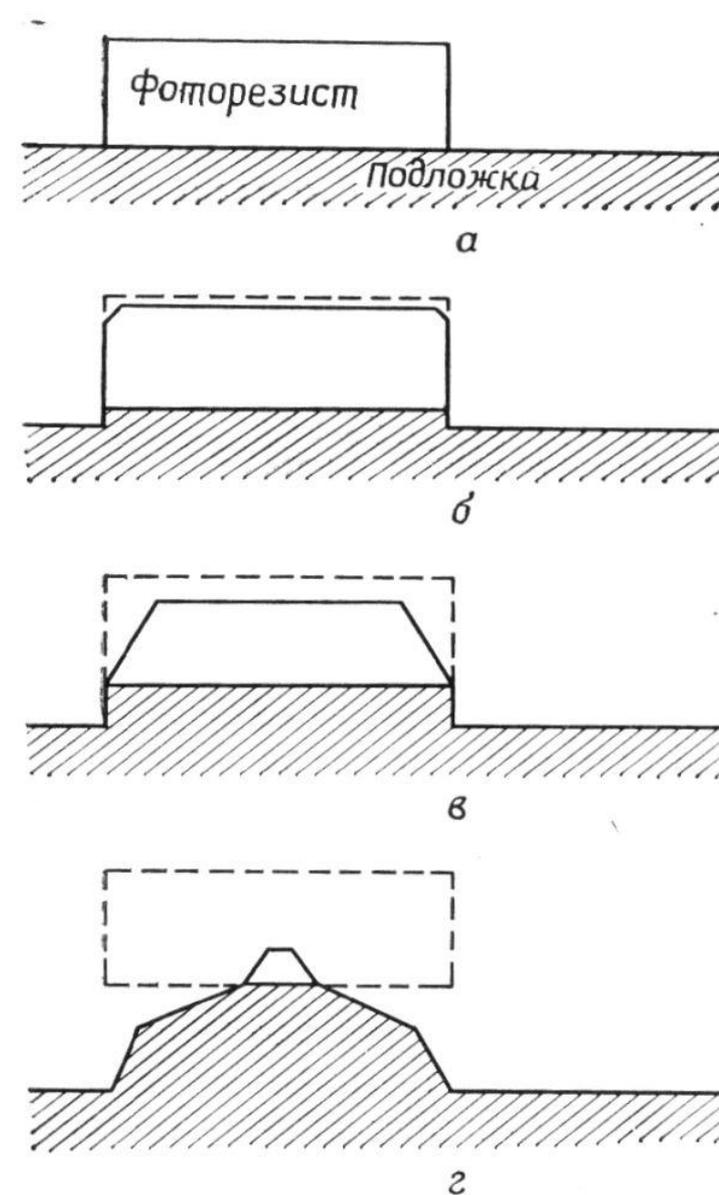
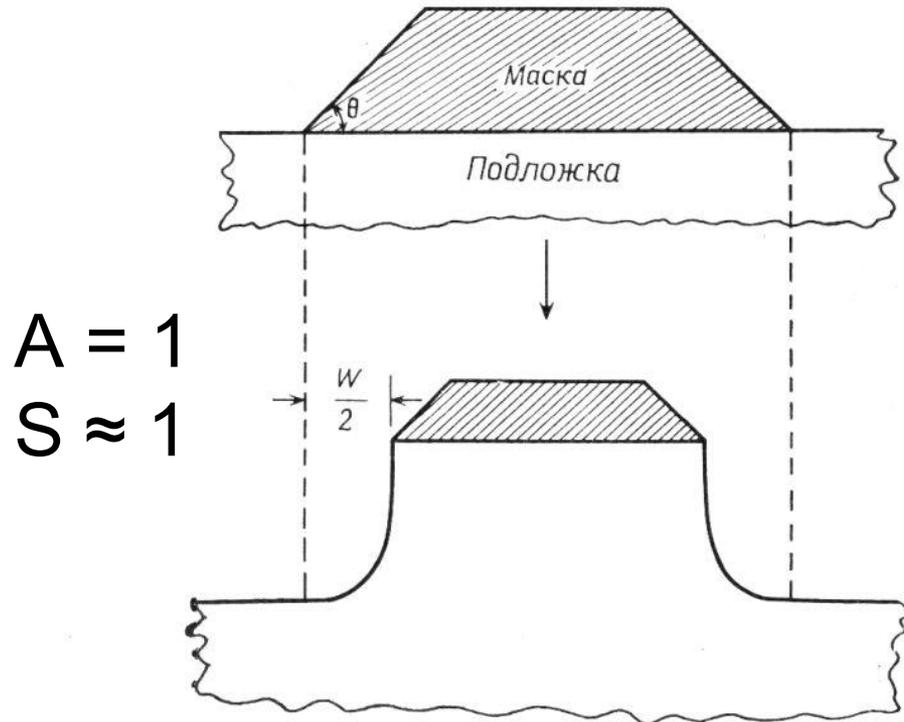
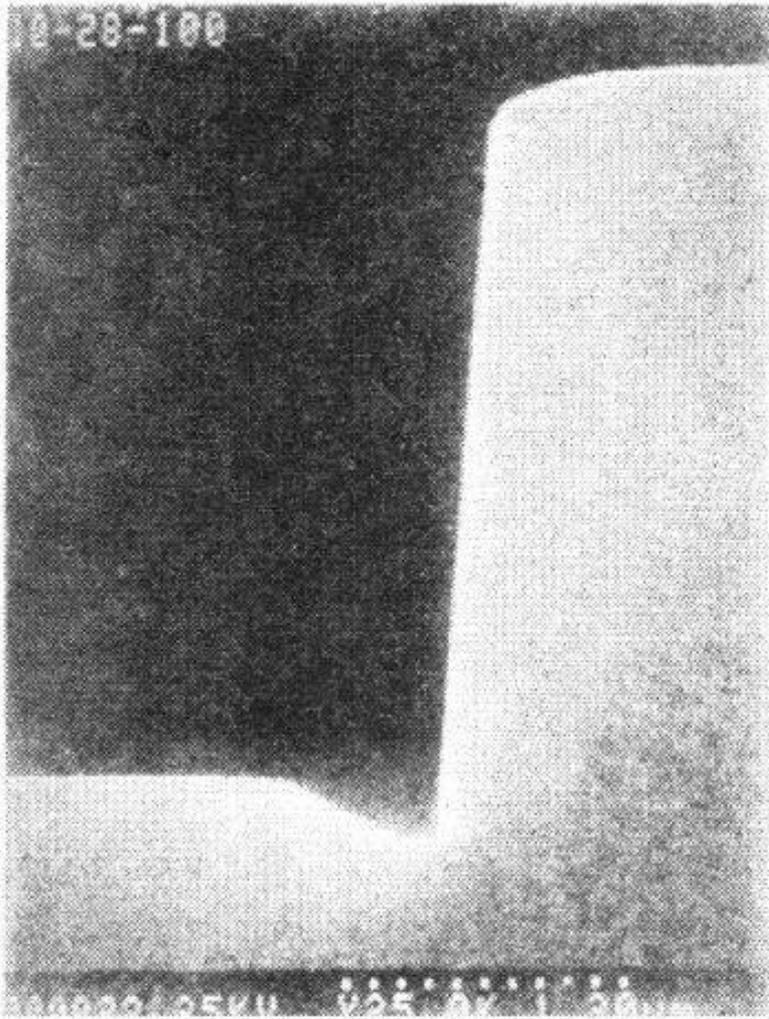


Рис. 8.5. Формирование контура вытравливаемого элемента с учетом конечной скорости травления маски. (Разность между расчетной и реальной шириной линии равна W).

Профиль края элемента



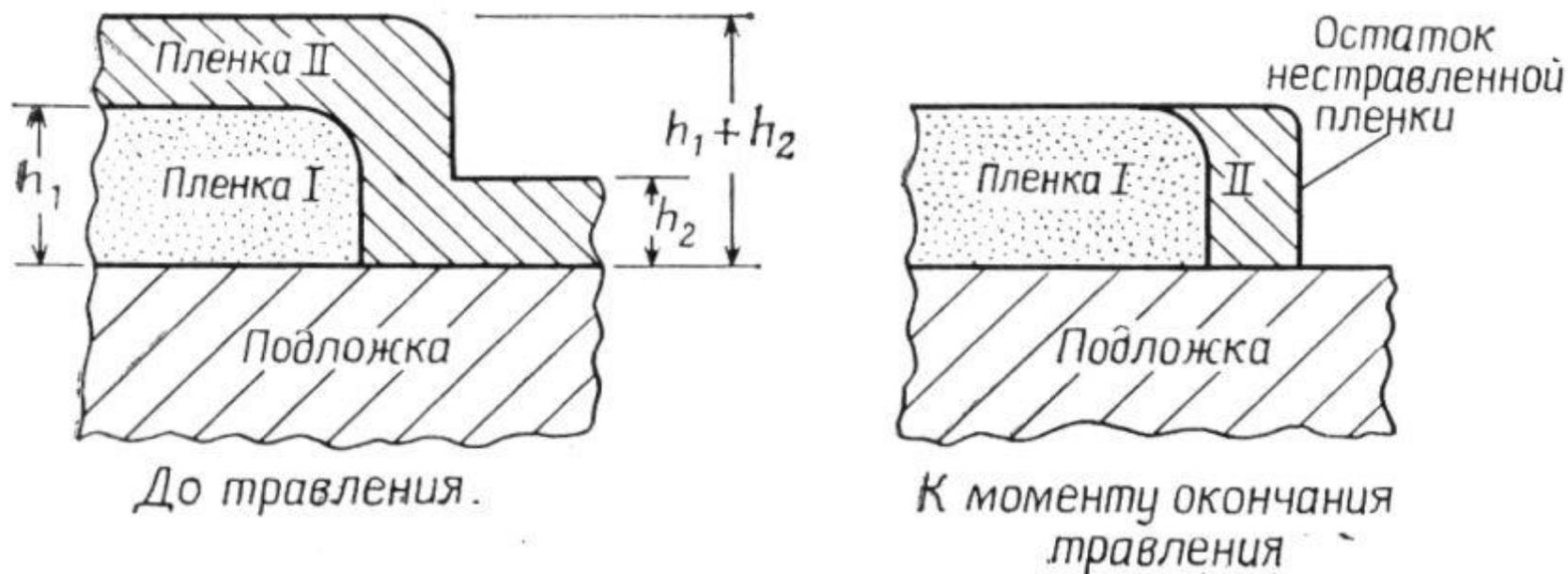
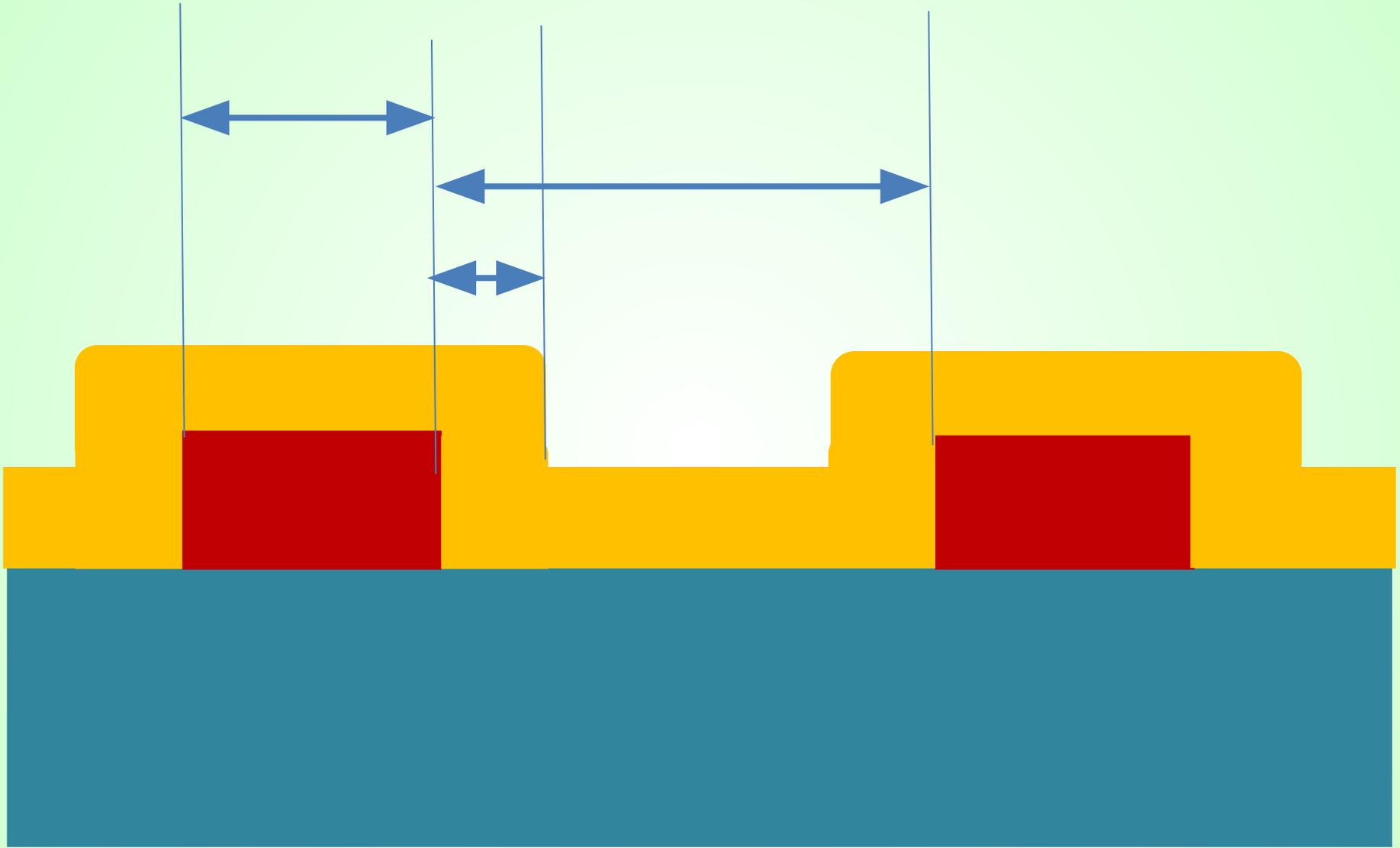
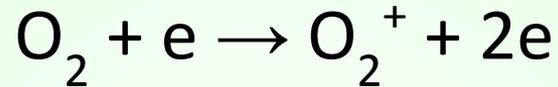


Рис. 8.7. Иллюстрация необходимости перетравливания при анизотропном травлении для удаления излишков материала на ступеньках (для приведенного примера $A_f = 1$).



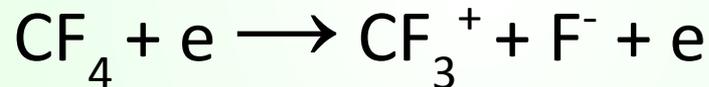
Процессы создания ионов и радикалов в газовом разряде

- Простая ионизация: $\text{Ar} + e \rightarrow \text{Ar}^+ + 2e$

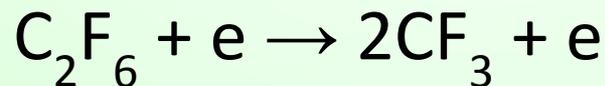
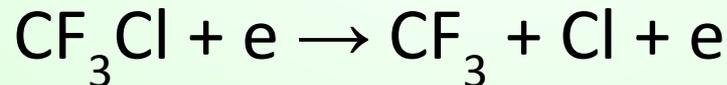


- Диссоциативная ионизация: $\text{CF}_4 + e \rightarrow \text{CF}_3^+ + \text{F} + 2e$

- Диссоциативная ионизация с прилипанием:



- Молекулярная диссоциация: $\text{O}_2 + e \rightarrow 2\text{O} + e \rightarrow \text{O} + \text{O}^-$



- Диссоциативная рекомбинация: $e + \text{O}_2^+ \rightarrow 2\text{O}$

- Диссоциативное прилипание: $e + \text{CF}_4 \rightarrow \text{CF}_3 + \text{F}^-$

Энергия ионов ≥ 500 эВ

Рабочее давление 0,133 – 13,3 Па

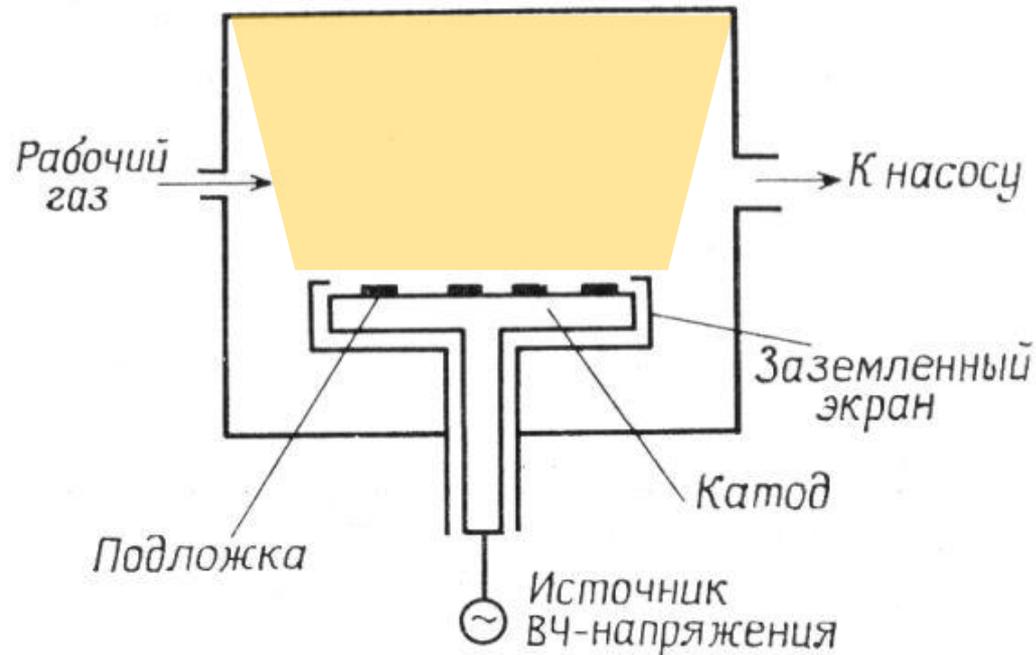


Рис. 8.11. Высокочастотная диодная система для реактивного ионного травления.

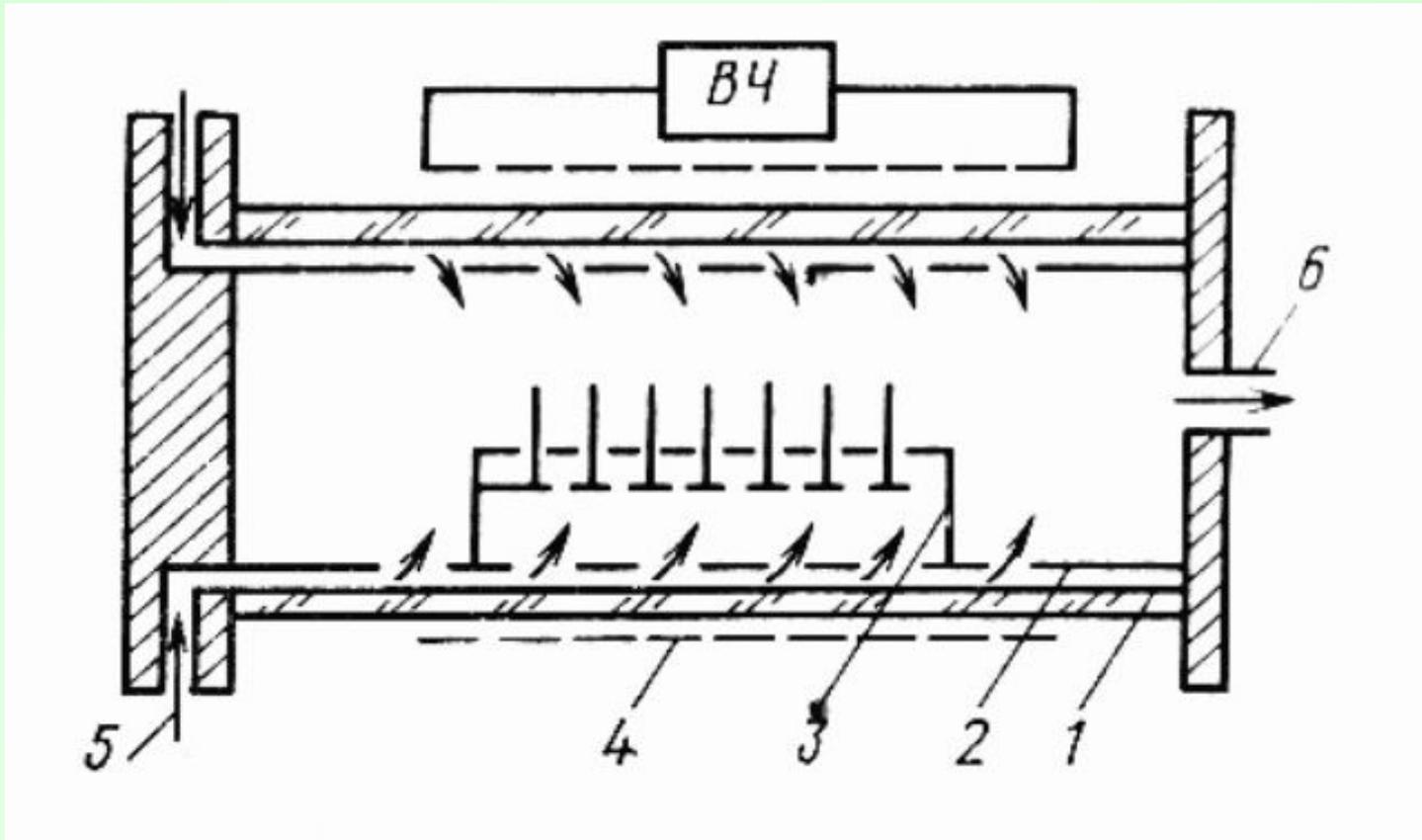
Запитываемый электрод является катодом, а все остальные внутренние заземленные части реактора — анодом; при этом площадь катода намного меньше площади анода. Плазма не удерживается и занимает весь объем камеры. Заземленный экран предотвращает распыление защищаемых им участков поверхности запитываемого электрода.



Рис. 8.12. Система для ионно-лучевого травления.

Плотность пучка ионов ≈ 1 мА / см

Прикладываемое напряжение 500 В



**Схема вакуумной камеры для радикального
плазмохимического травления**

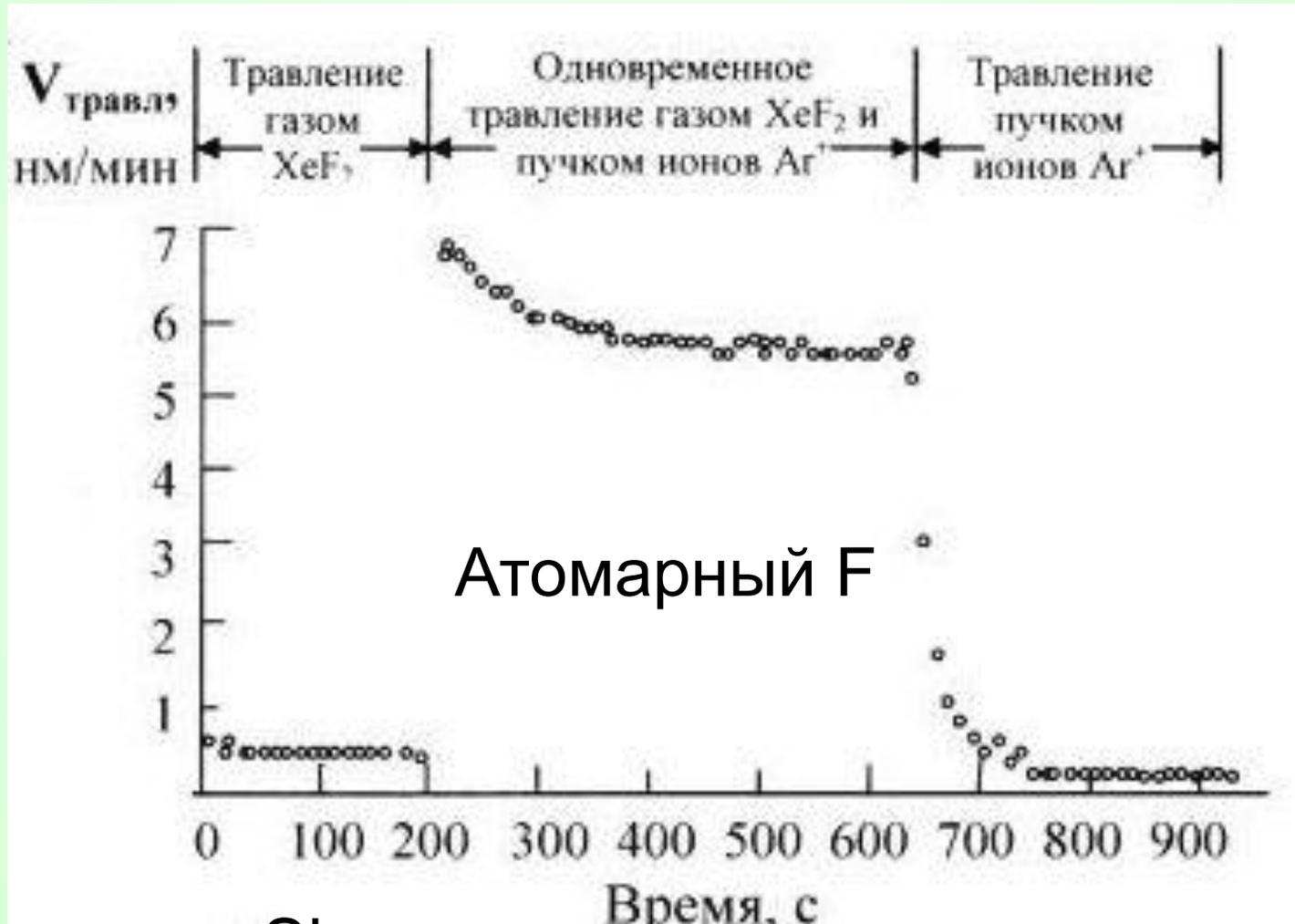
Газы, применяемые для сухого травления

Материал	Газы
Si	CF ₄ , CF ₄ +O ₂ , SF ₆ , SF ₆ +O ₂ , NF ₃ , Cl ₂ , CCl ₄ , CCl ₃ F, CCl ₂ F ₂ , CClF ₃
SiO ₂ , Si ₃ N ₄	CF ₄ , CF ₄ +H ₂ , C ₂ F ₆ , C ₃ F ₈ , CHF ₃
Al, Al—Si, Al—Cu	CCl ₄ , CCl ₄ +Cl ₂ , SiCl ₄ , BCl ₃ , BCl ₃ +Cl ₂
Фоторезист	O ₂

Механизмы влияния ионного облучения

- Обеспечивает диссоциацию молекул травящих газов
- Создает дефекты на поверхности, катализирующие хемосорбцию или реакцию
- Способствует удалению нелетучих остатков

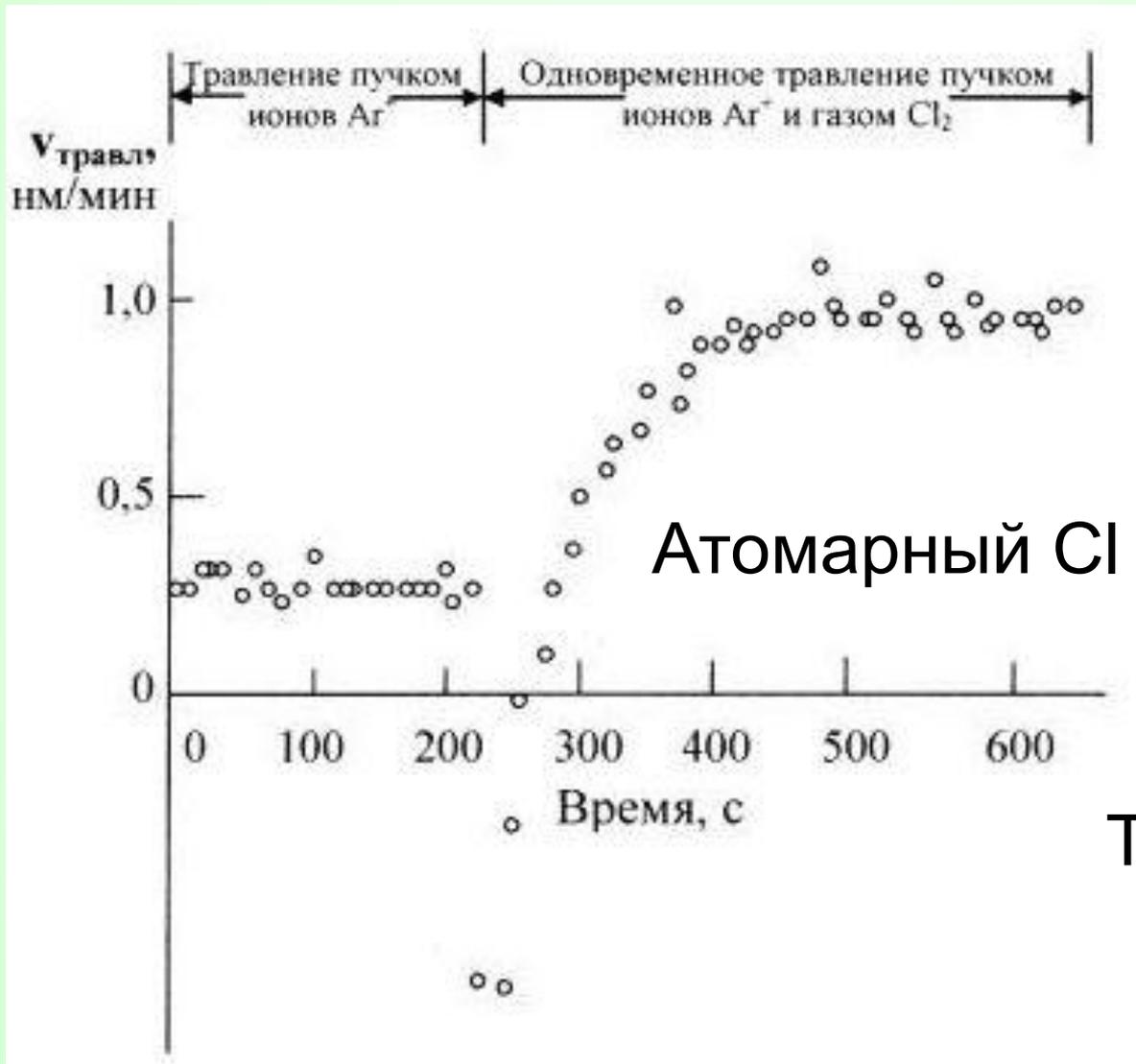
Ионно-ускоряемая реакция



Травление Si

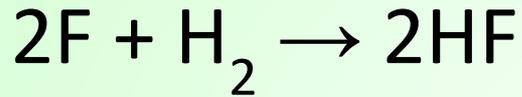
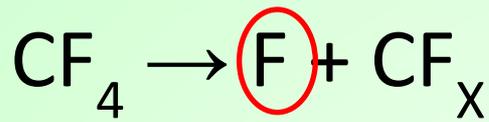
Энергия ионов 450 эВ

Ионно-возбуждаемая реакция

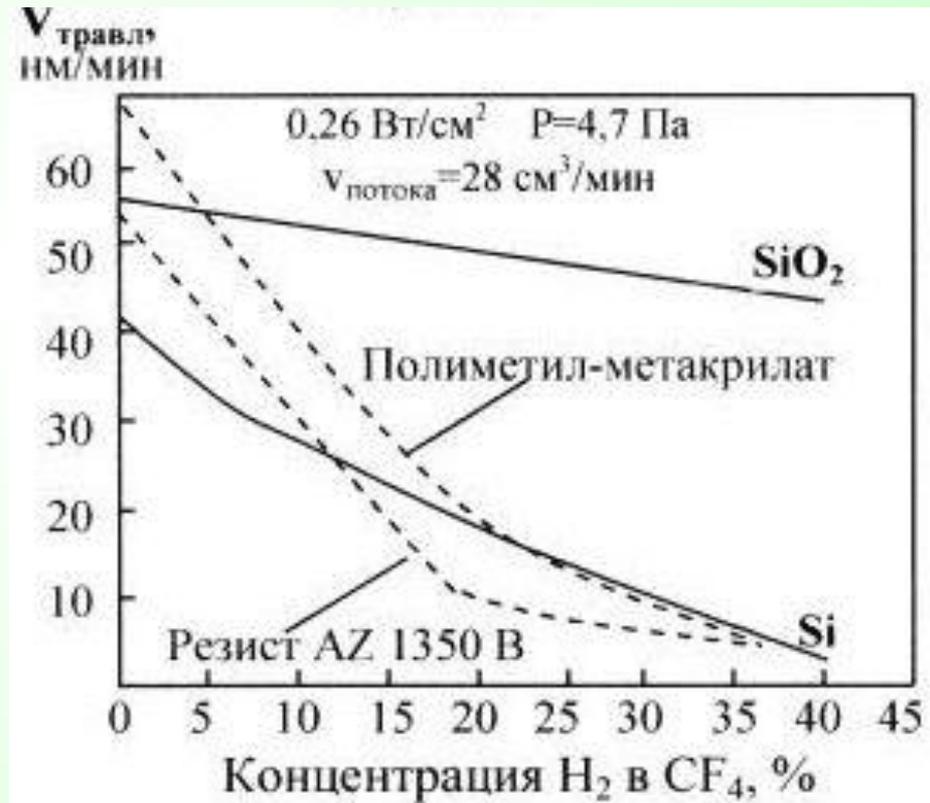
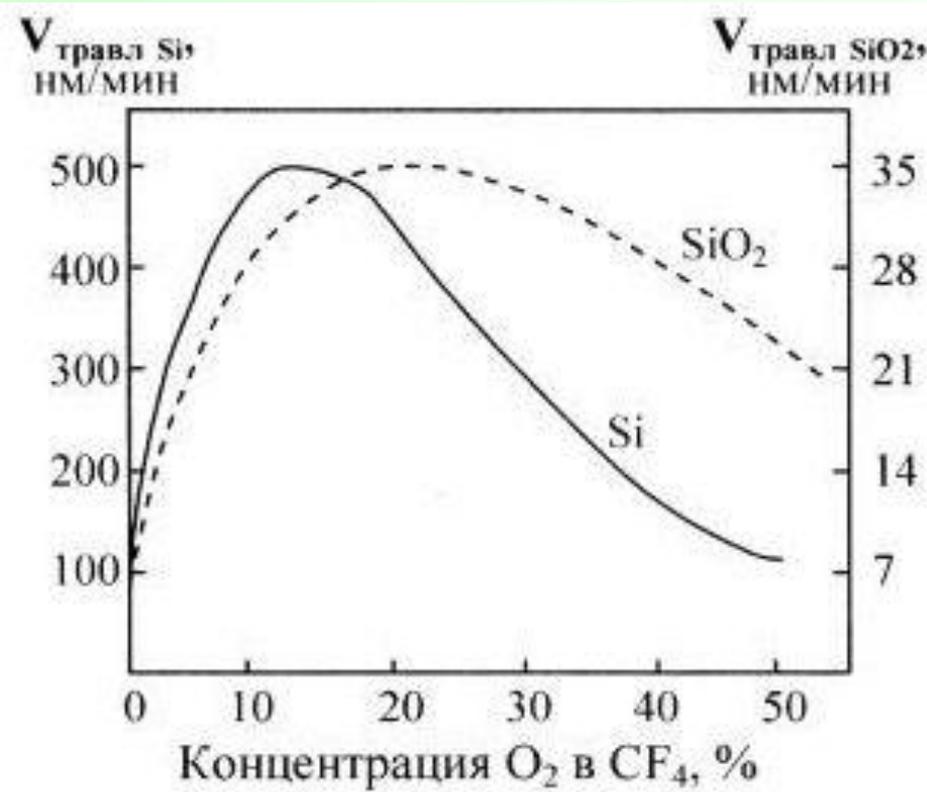


Энергия
ионов
450 эВ

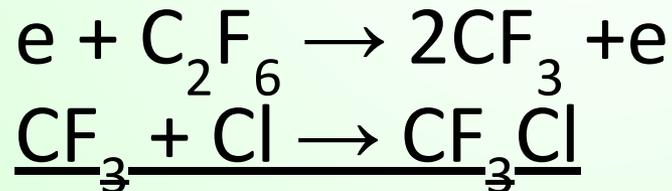
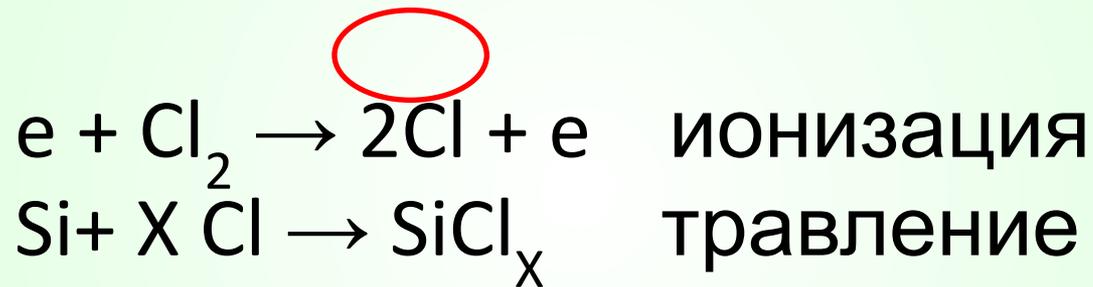
Травление Si



CF_x не травит Si,
но травит SiO_2

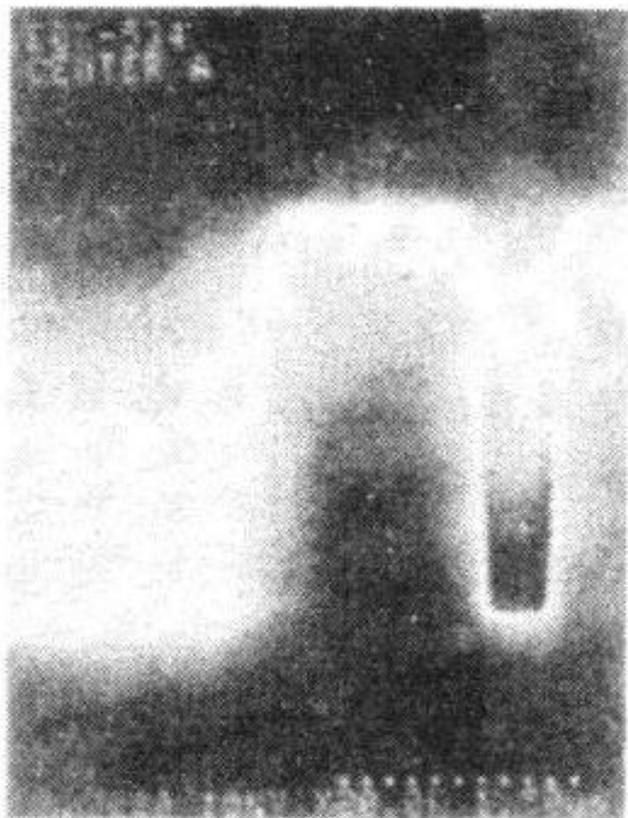


Для уменьшения бокового травления **добавляют C_2F_6 в Cl_2**



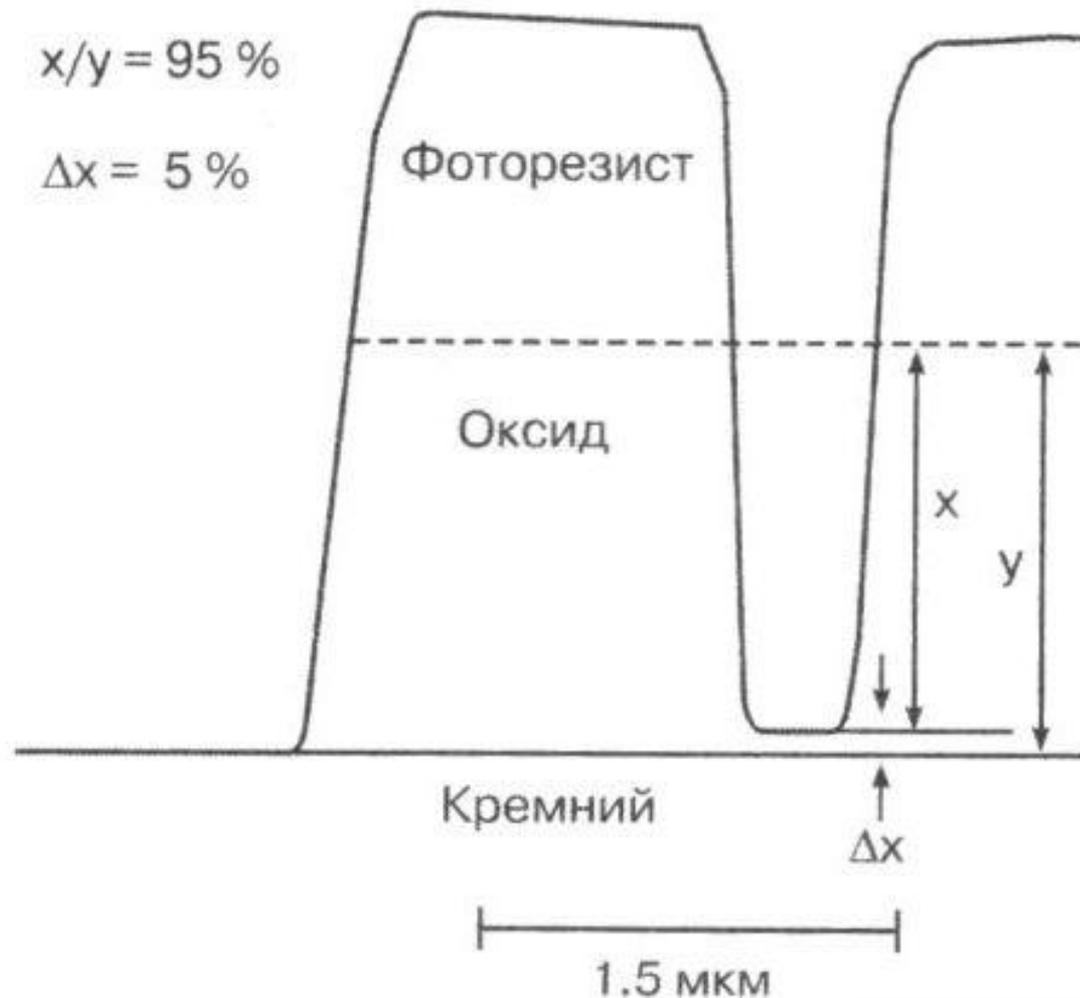
подавляется ионным облучением

«Загрузочный эффект»



$$x/y = 95 \%$$

$$\Delta x = 5 \%$$



Побочные эффекты

- Повторное осаждение
- Осаждение полимеров
- Радиационные повреждения
- Загрязнения материалом маски и т. д.

Определение момента окончания травления

- Регистрация оптического отражения
- Регистрация концентрации травящих компонентов
- Анализ продуктов реакции