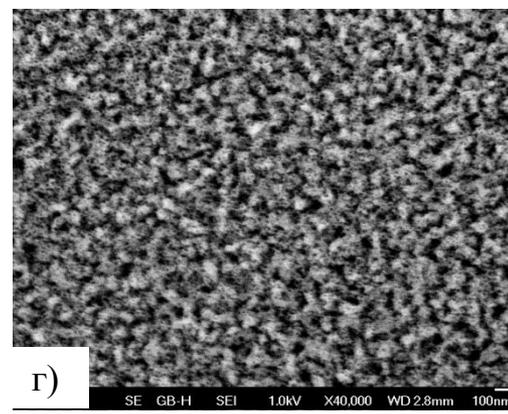
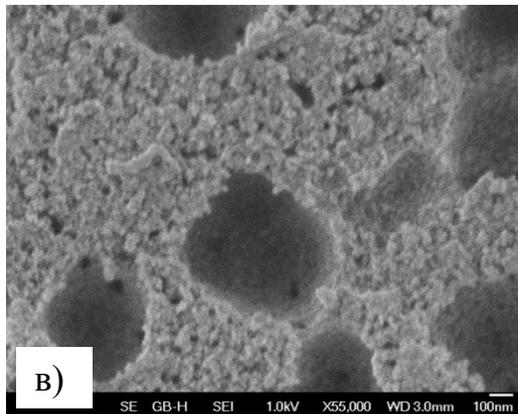
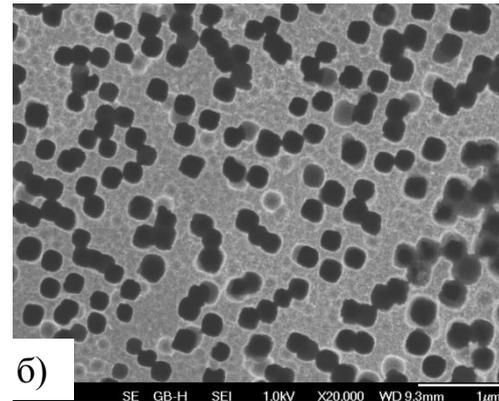
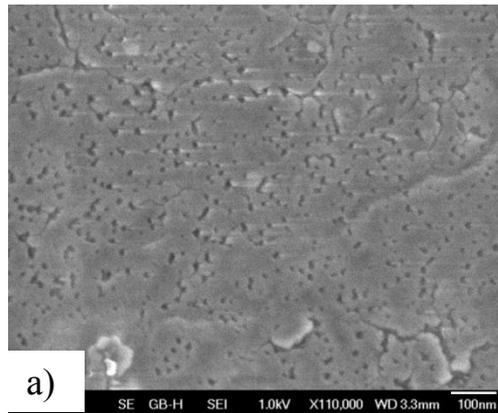


Создание слоев пористого кремния на p-Si.

# Закономерности порообразования в Si n- и p- типов проводимости

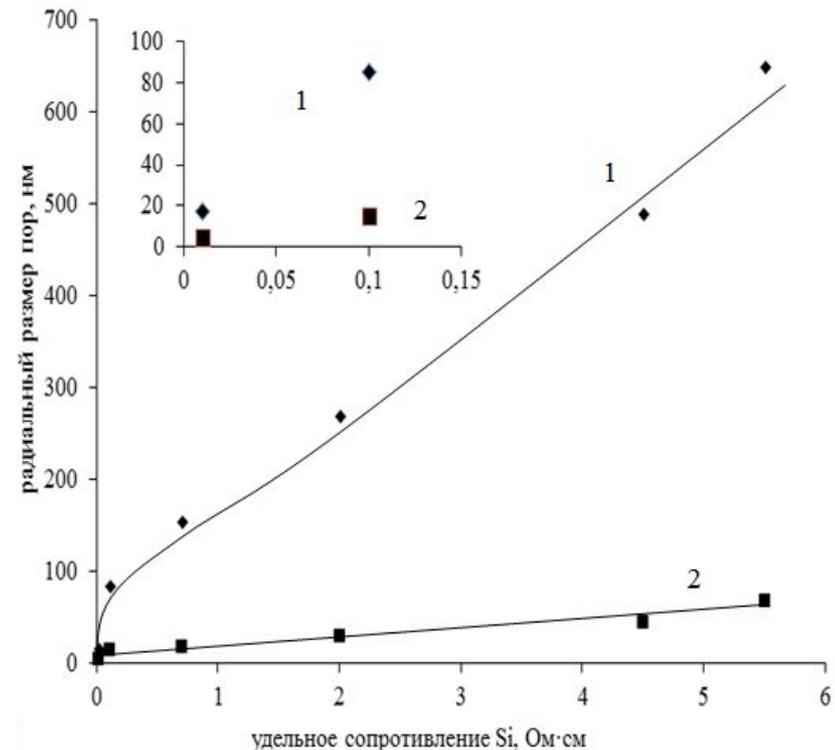
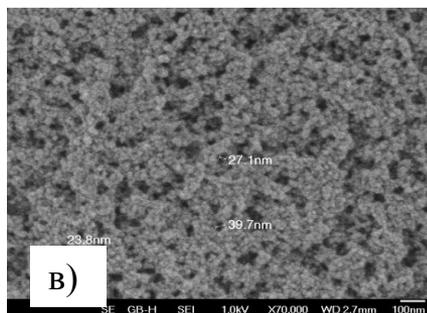
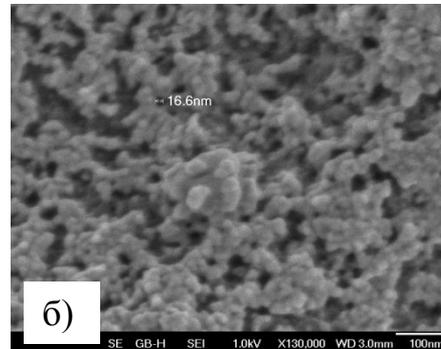
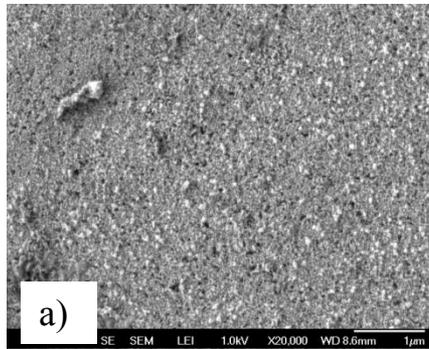
*Влияние типа проводимости Si на радиальные размеры пор*



СЭМ-изображение поверхностей слоев ПК, полученных в одинаковых технологических условиях на пластинах марок: а) КЭФ 0,01; б) КЭФ 0,7; в) КЭФ 5 ; г) КЭФ110. 2

# Закономерности порообразования в Si n- и p- типов проводимости

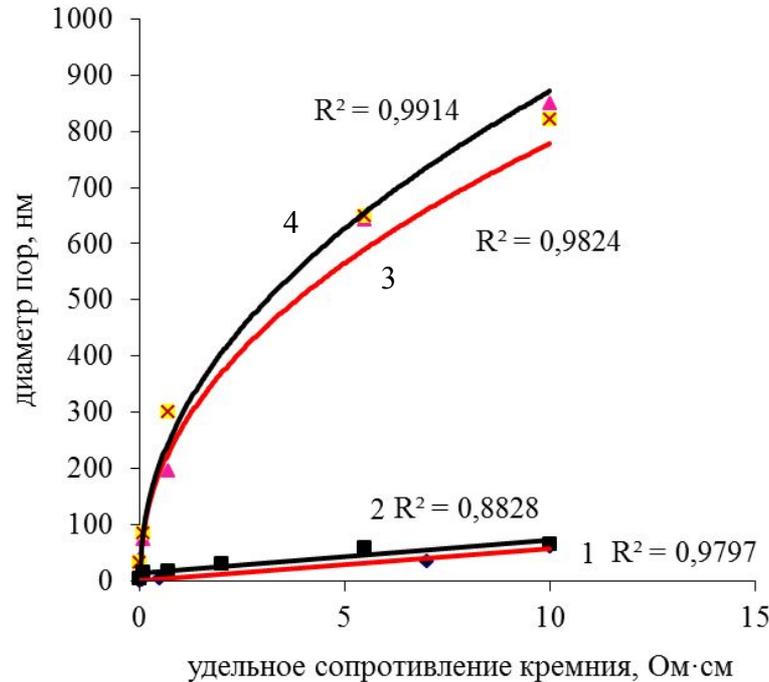
## *Влияние типа проводимости Si на радиальные размеры пор*



СЭМ-изображение поверхностей слоев ПК, полученных в одинаковых технологических условиях на пластинах марок: а) КДБ 0,005; б) КДБ 35,5; в) КДБ 20.

Зависимости радиального размера пор на образцах КЭФ (1) и КДБ (2) от их удельного сопротивления (На вставке представлена увеличенная начальная часть графика).

# Расчет диаметров пор в n- и p-Si



Экспериментальные (1,3) и расчетные (2,4) зависимости радиальных размеров пор от удельного сопротивления p-Si (1,2); n-Si (2,3,4). (\* зависимость, рассчитанная по формуле (1) совпадает для n- и p-Si).

Формулы для расчета диаметра пор :

$$d_{\text{пор}} = A^{-1} \times \sqrt{\Delta m_{\text{Si}}/h \times N \times \rho_{\text{Si}}} \times \sqrt{4/\pi} \quad (2)$$

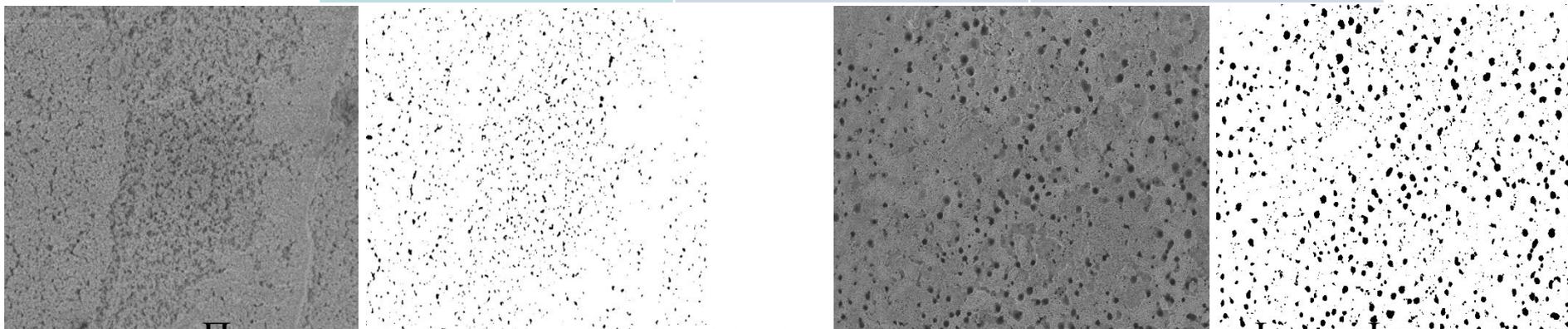
$$d_{\text{пор}} = A^{-1} \times \sqrt{\Delta m_{\text{Si}}/h \times N \times \rho_{\text{Si}}} \times \sqrt{4/\pi} \quad (2)$$

где  $A^{-1}=(0,0625)^{-1}=16$  – коэффициент, учитывающий вероятность перехода ненасыщенной связи Si-Si к атому Si(5)

# Закономерности порообразования в Si n- и p-типов проводимости

*Влияние типа проводимости Si на плотность распределения пор*

Марка Si	Концентрация примеси, см <sup>-3</sup>	Количество пор в пересчете на 100 мкм <sup>2</sup>
КЭФ 0, 0125	$\sim 5 \cdot 10^{18}$	95000
КЭФ 5,5	$\sim 4 \cdot 10^{15}$	200
КЭФ 7,5	$\sim 1 \cdot 10^{15}$	100
КДБ 0, 005	$\sim 2 \cdot 10^{19}$	1000
КДБ 20	$\sim 6 \cdot 10^{14}$	6000

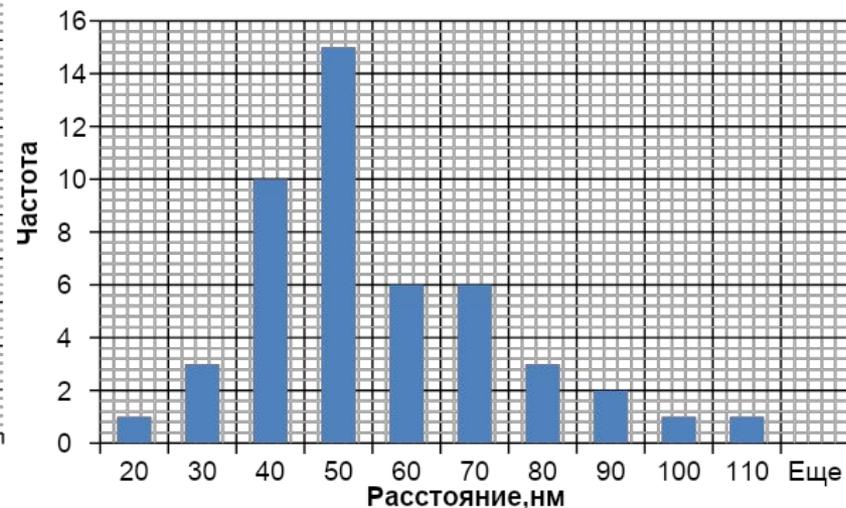
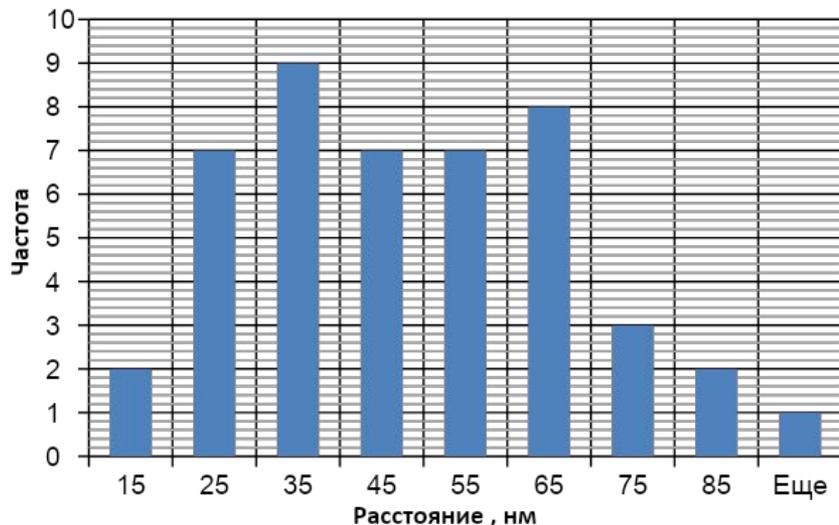


Пример расчета количества пор на поверхности в программе Image J

# изменение плотности распределения зародышей пор в кремнии КЭФ <111> в зависимости от удельного сопротивления



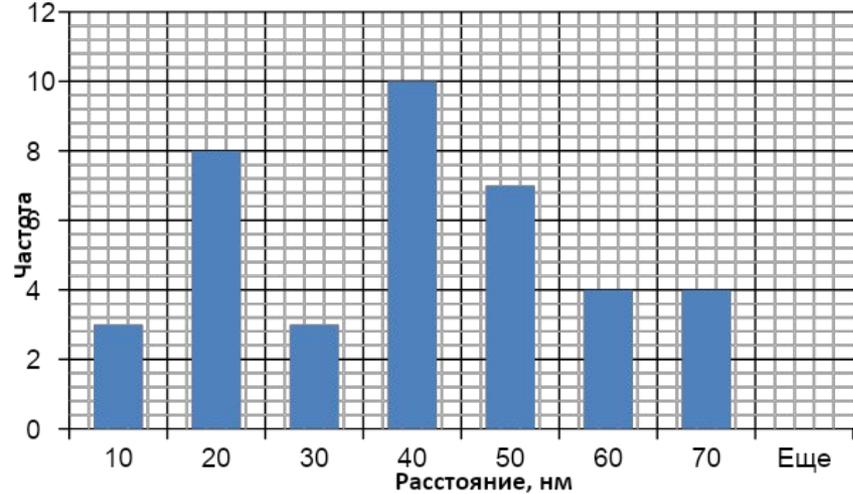
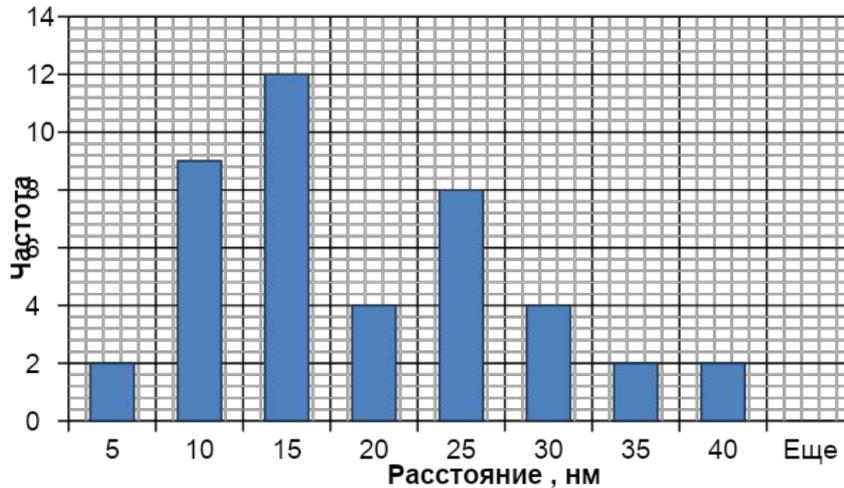
# Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ



КДБ  $0,005<100>$ , где частота это количество значений из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор  $C_2H_5OH:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25mA/cm^2$ .

КДБ  $0,05<100>$ , где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор  $C_2H_5OH:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25mA/cm^2$ .

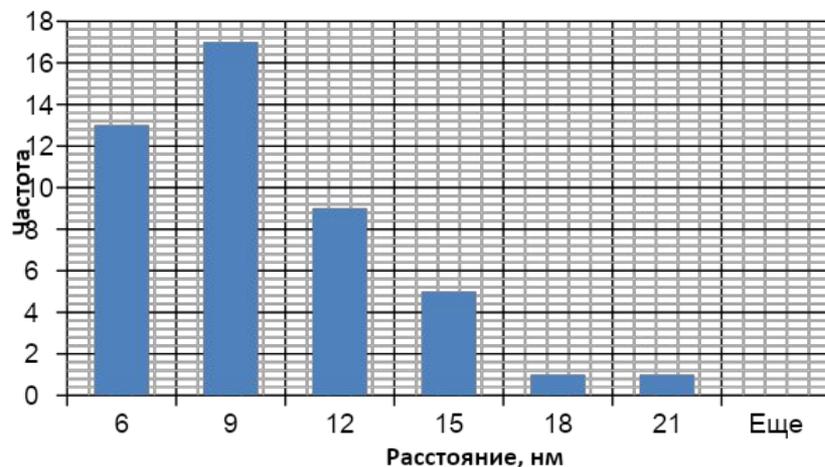
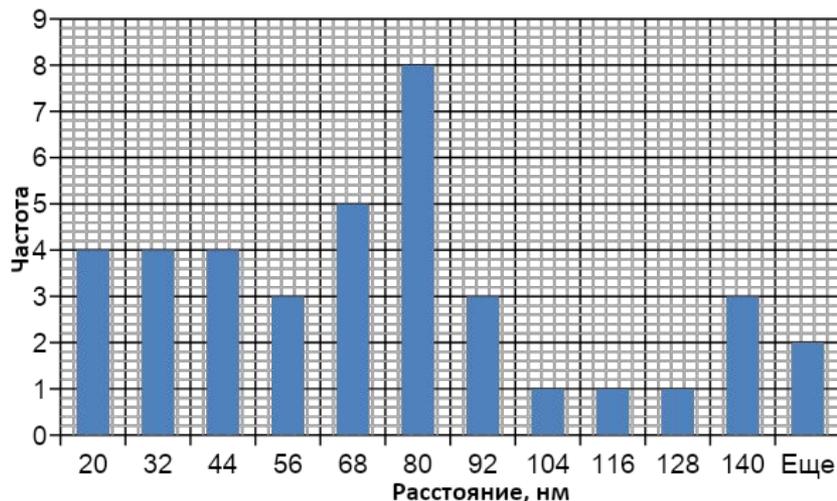
# Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ



КДБ 0,5<100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH:HF как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления 25мА/см<sup>2</sup>.

КДБ 10 <100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор H<sub>2</sub>O:HF как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления 25мА/см<sup>2</sup>.

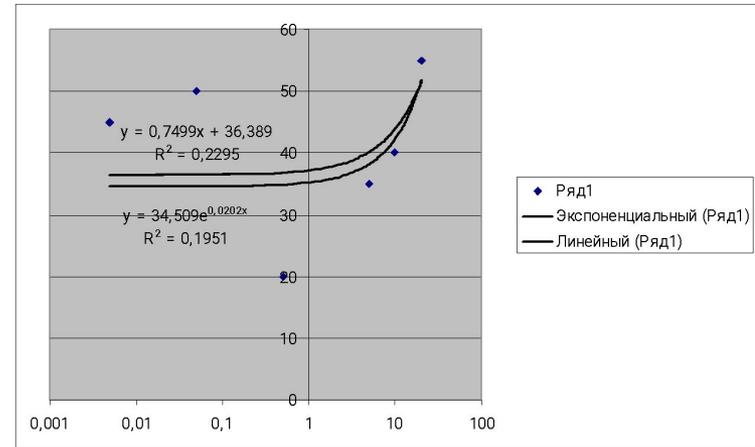
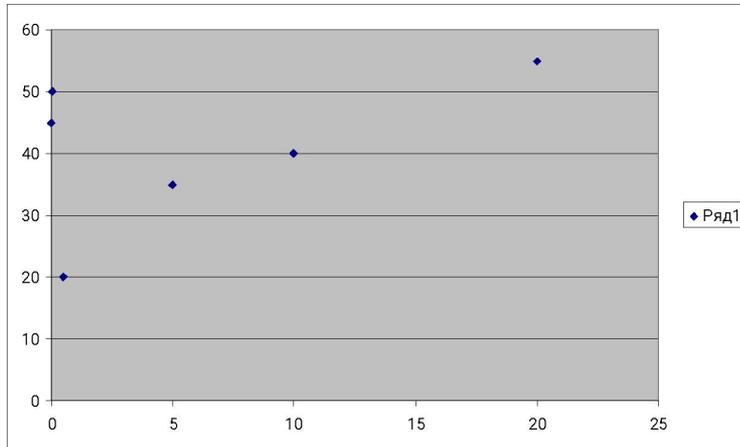
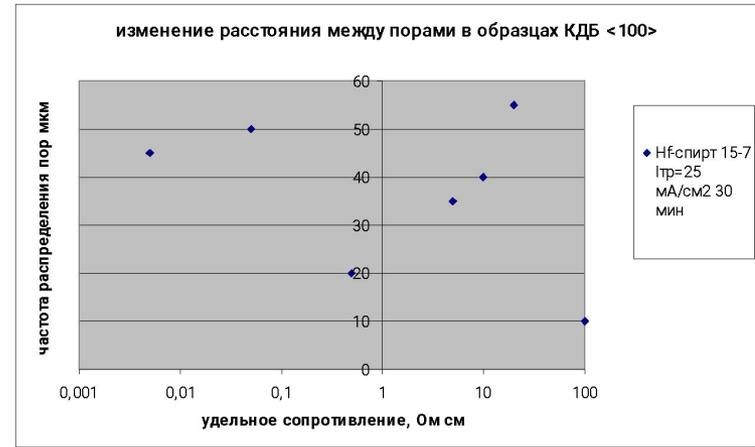
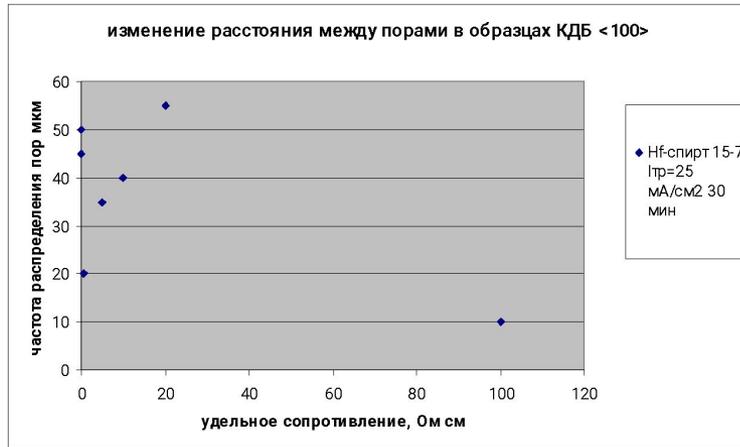
# Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ



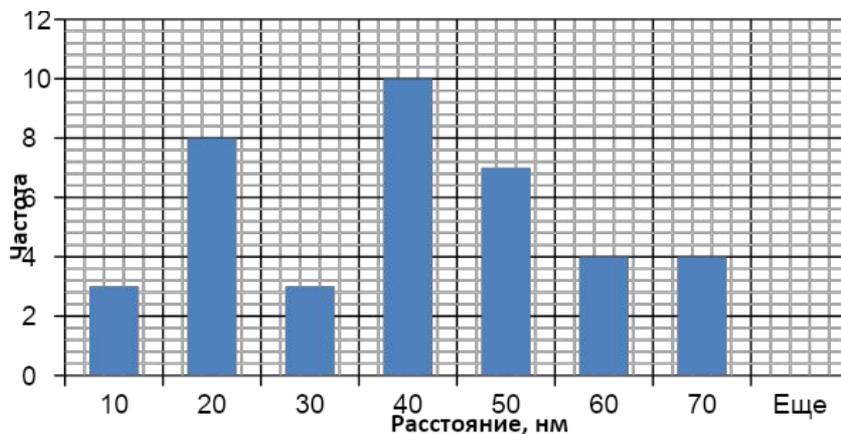
КДБ 20 <100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор  $C_2H_5OH:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25mA/cm^2$ .

КДБ 100 <100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор  $C_2H_5OH:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25mA/cm^2$ .

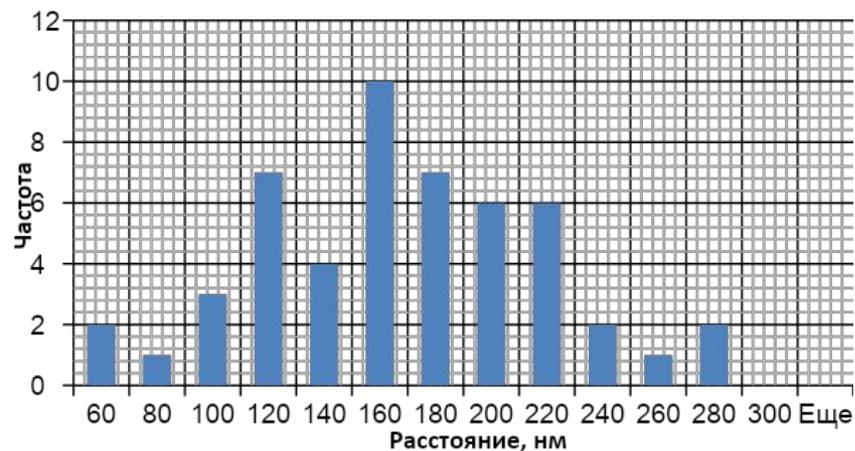
# Распределения расстояния между порами в образцах КДБ 0,005-100 Ом см



# Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ

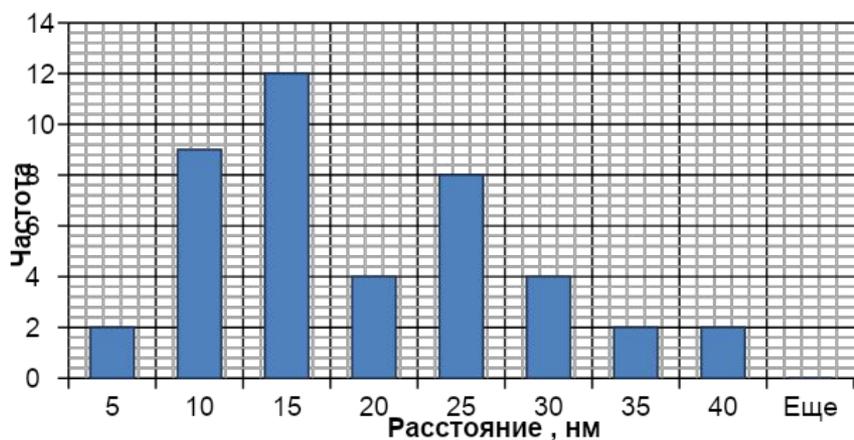


КДБ 10 <100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор  $H_2O:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25mA/cm^2$ .



КДБ 10 <111>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор  $H_2O:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25mA/cm^2$ .

# Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ и КЭФ



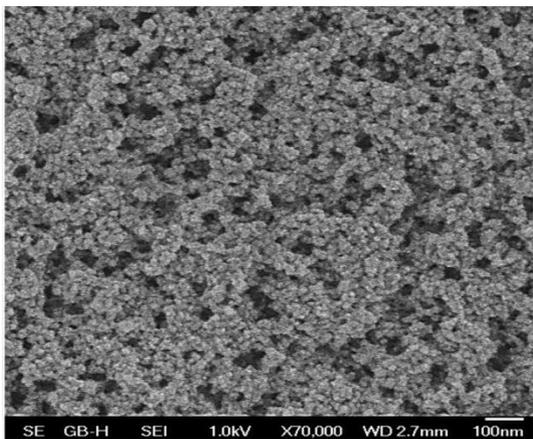
КДБ  $0,5 < 100 >$ , где частота это количество значений из данного интервала.

Технологические параметры получения: травитель раствор  $C_2H_5OH:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25 mA/cm^2$ .



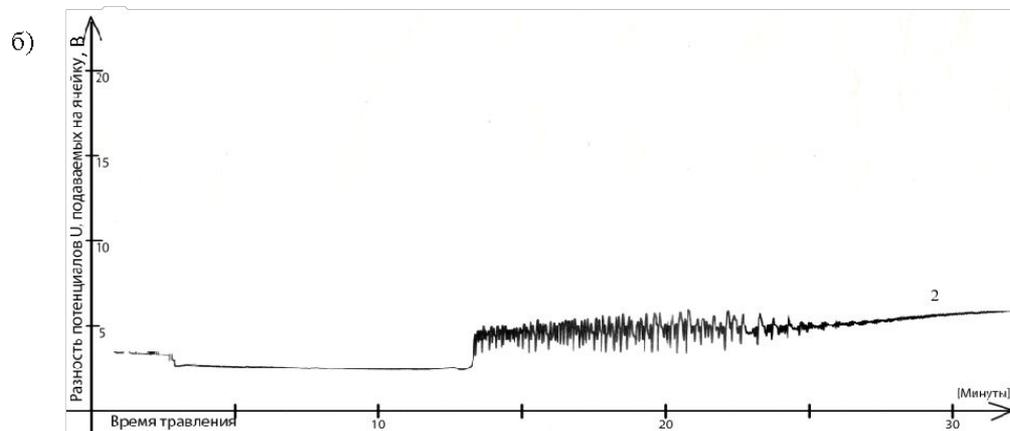
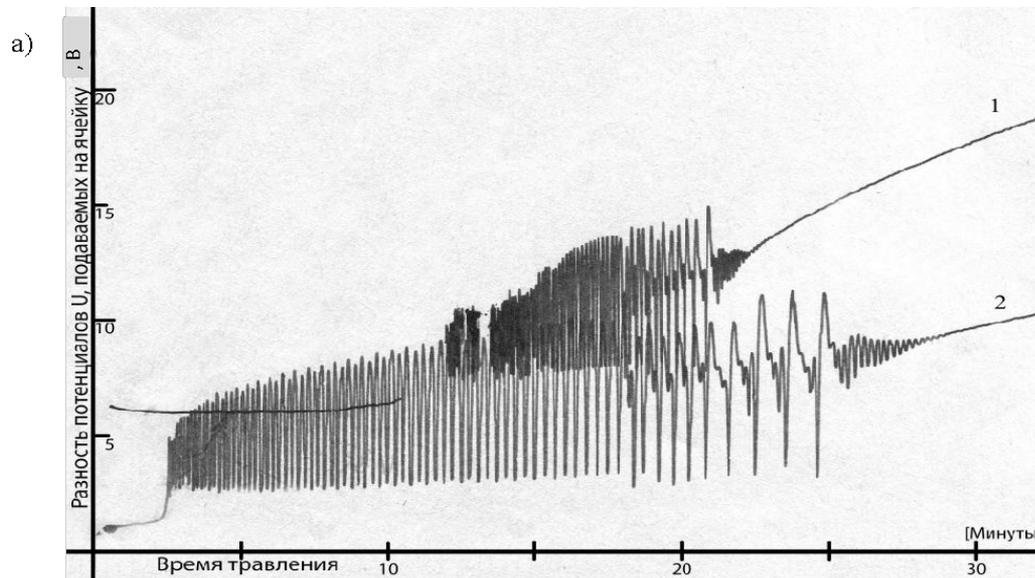
КЭФ  $0,7 < 100 >$ , где частота это количество значений из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор  $C_2H_5OH:HF$  как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления  $25 mA/cm^2$ .

# Порообразование в p-Si

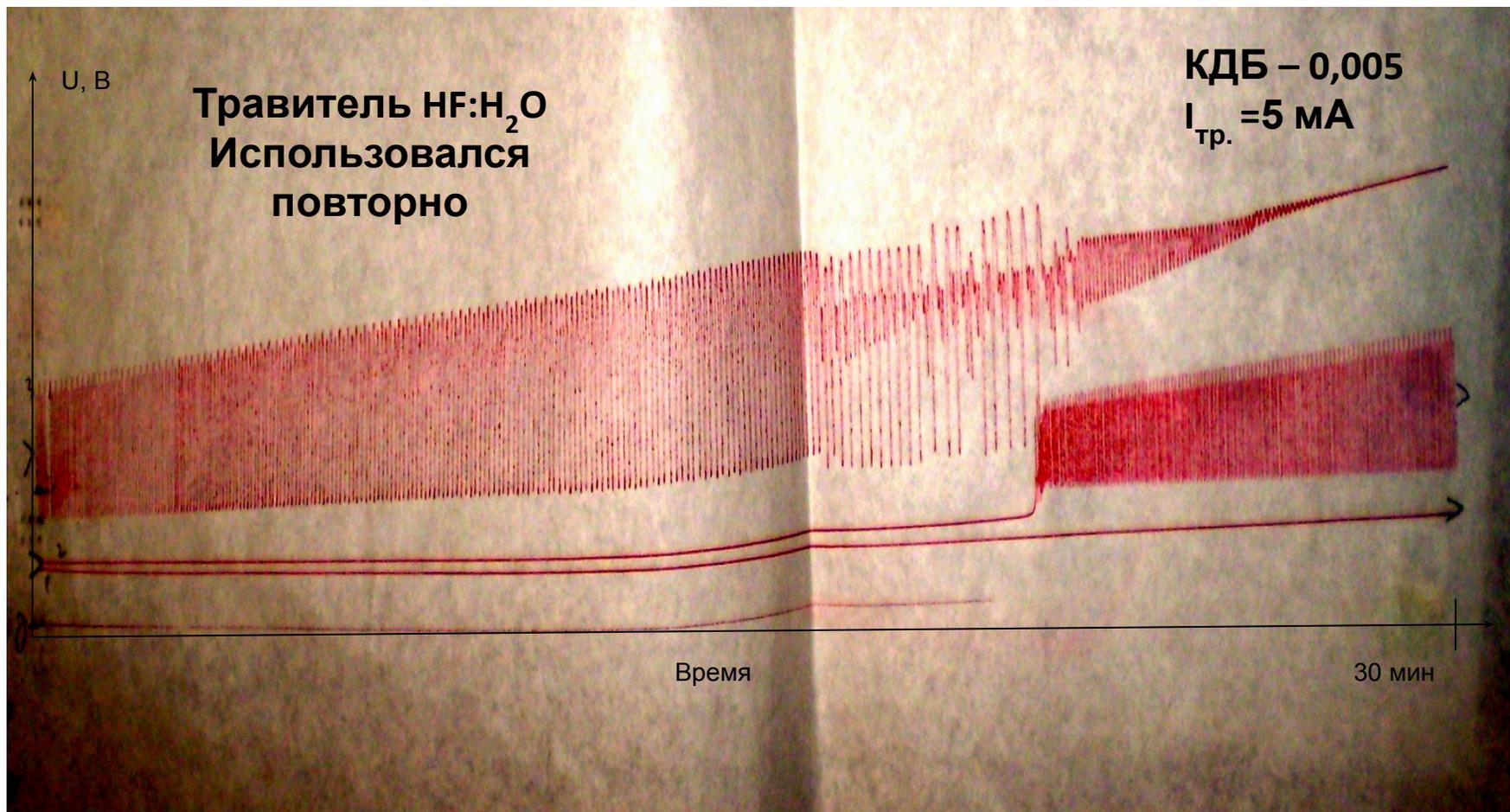


СЭМ- изображение поверхности слоя ПК на КДБ 20

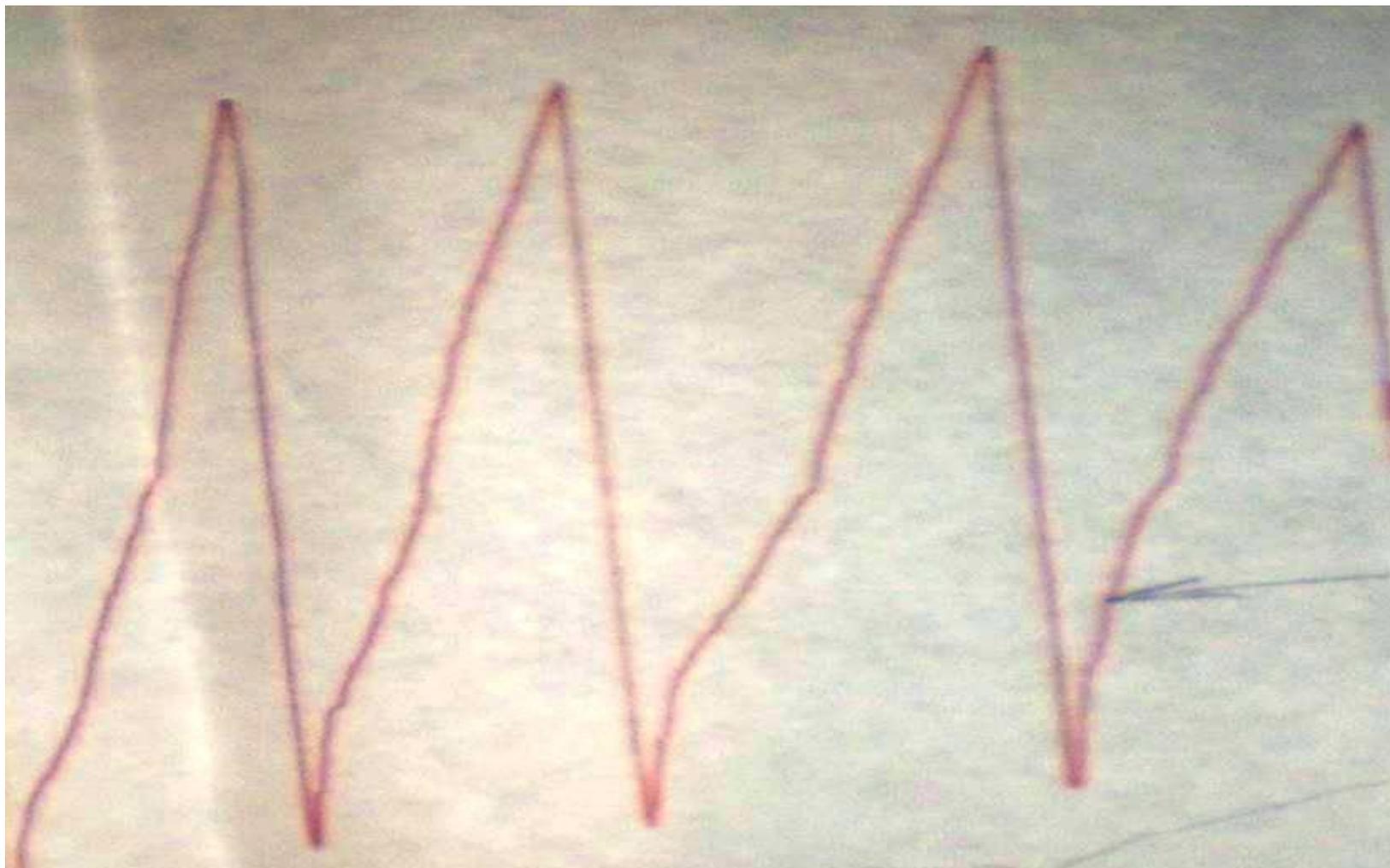
Изменение разности потенциалов на ячейке травления в процессе анодирования: а) p-Si, б) n-Si, в травителе с соотношением фтористоводородная кислота:Н<sub>2</sub>О=15:7  
– свежеприготовленный травитель (1);  
– многократно использовавшийся травитель (2).



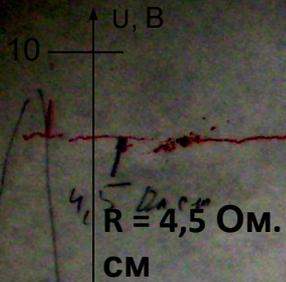
# Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



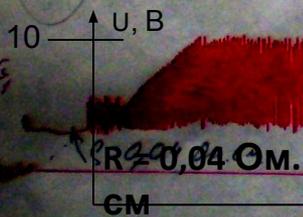
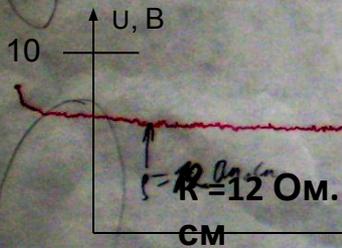
Типичный вид кривой пульсации напряжения (дано с сильным увеличением)



# Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния

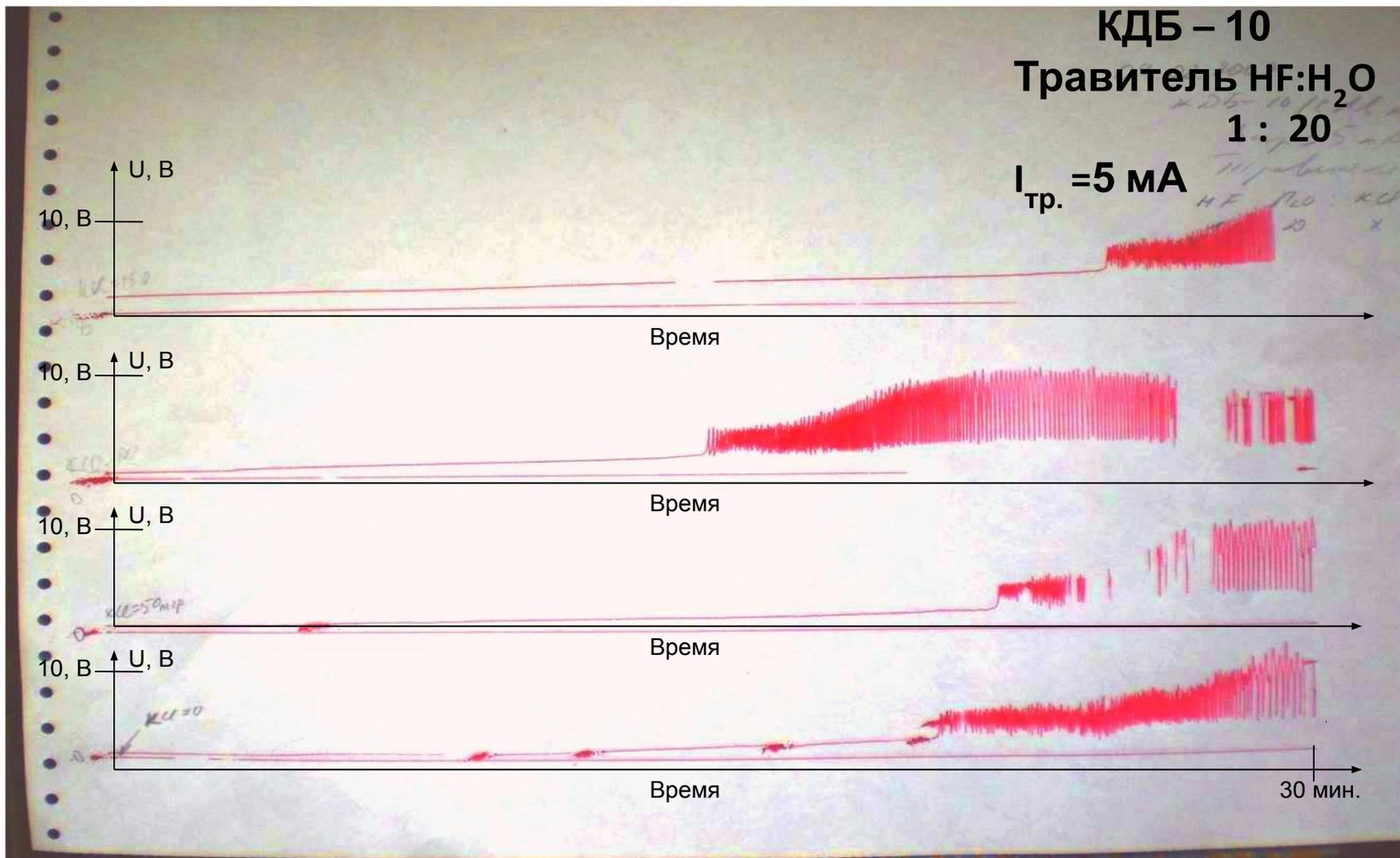


КДБ  
Травитель  
HF:H<sub>2</sub>O 1:20  
 $I_{\text{тр.}} = 10 \text{ мА}$

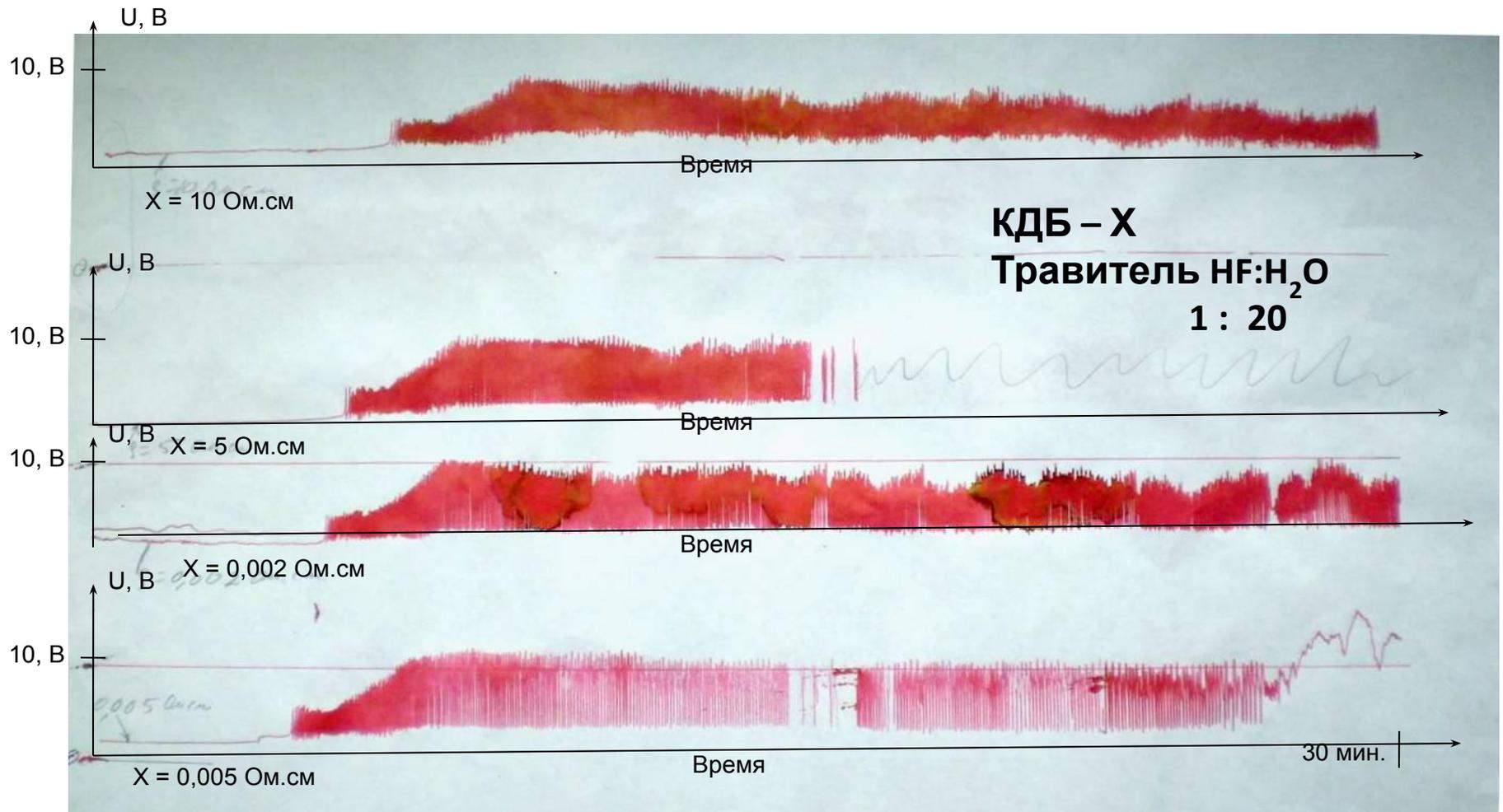


30

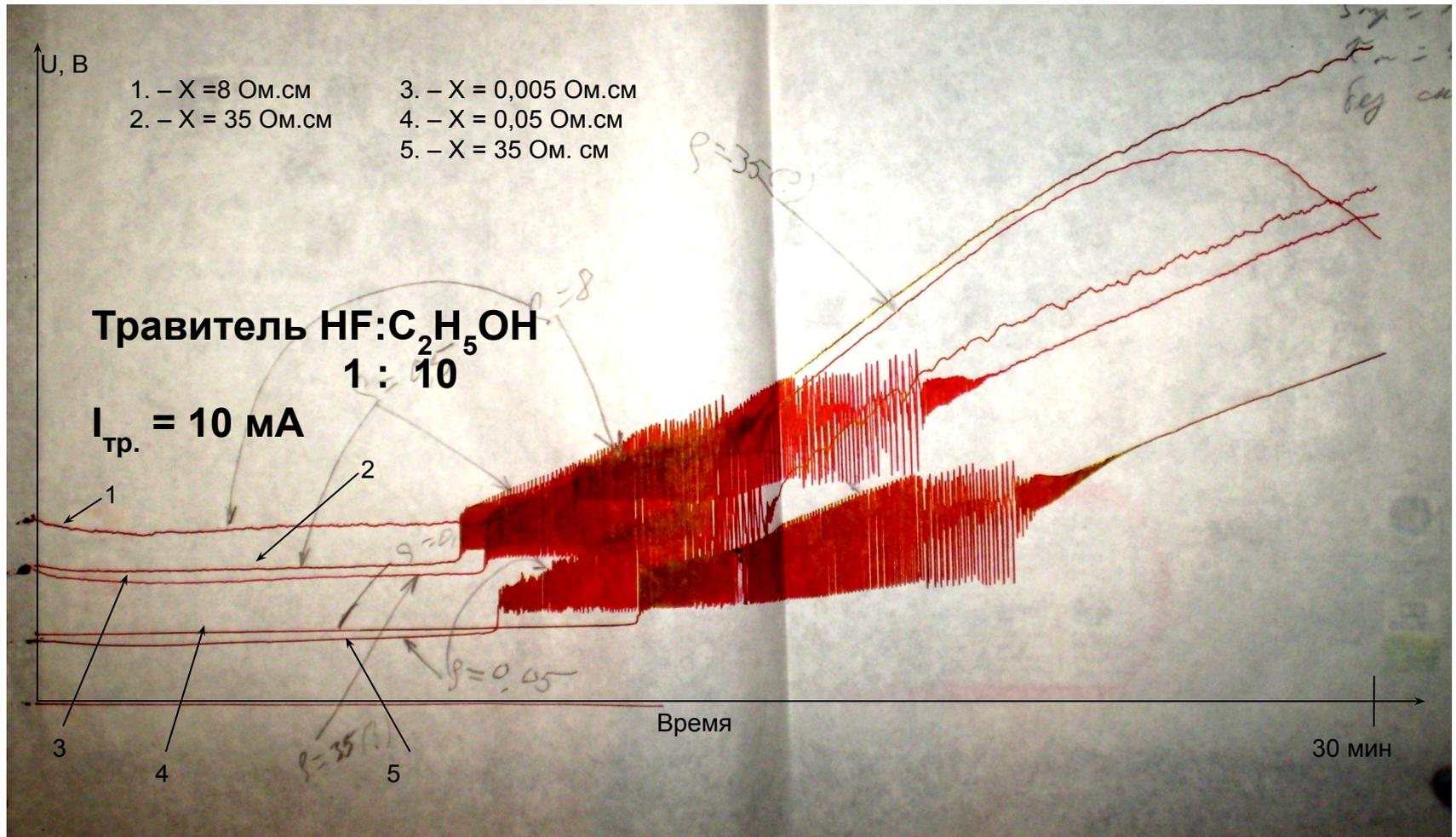
# Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



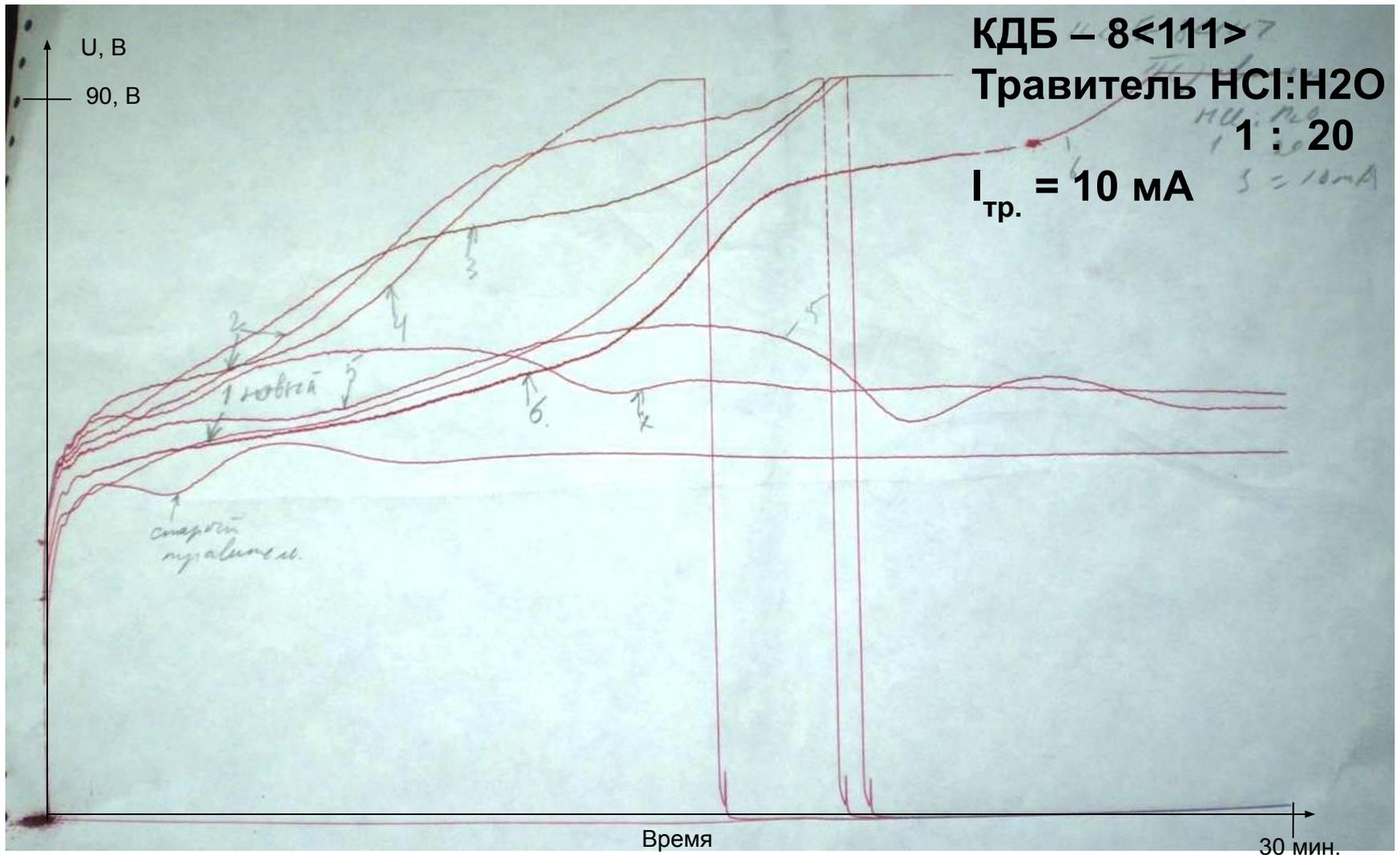
# Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



# Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния

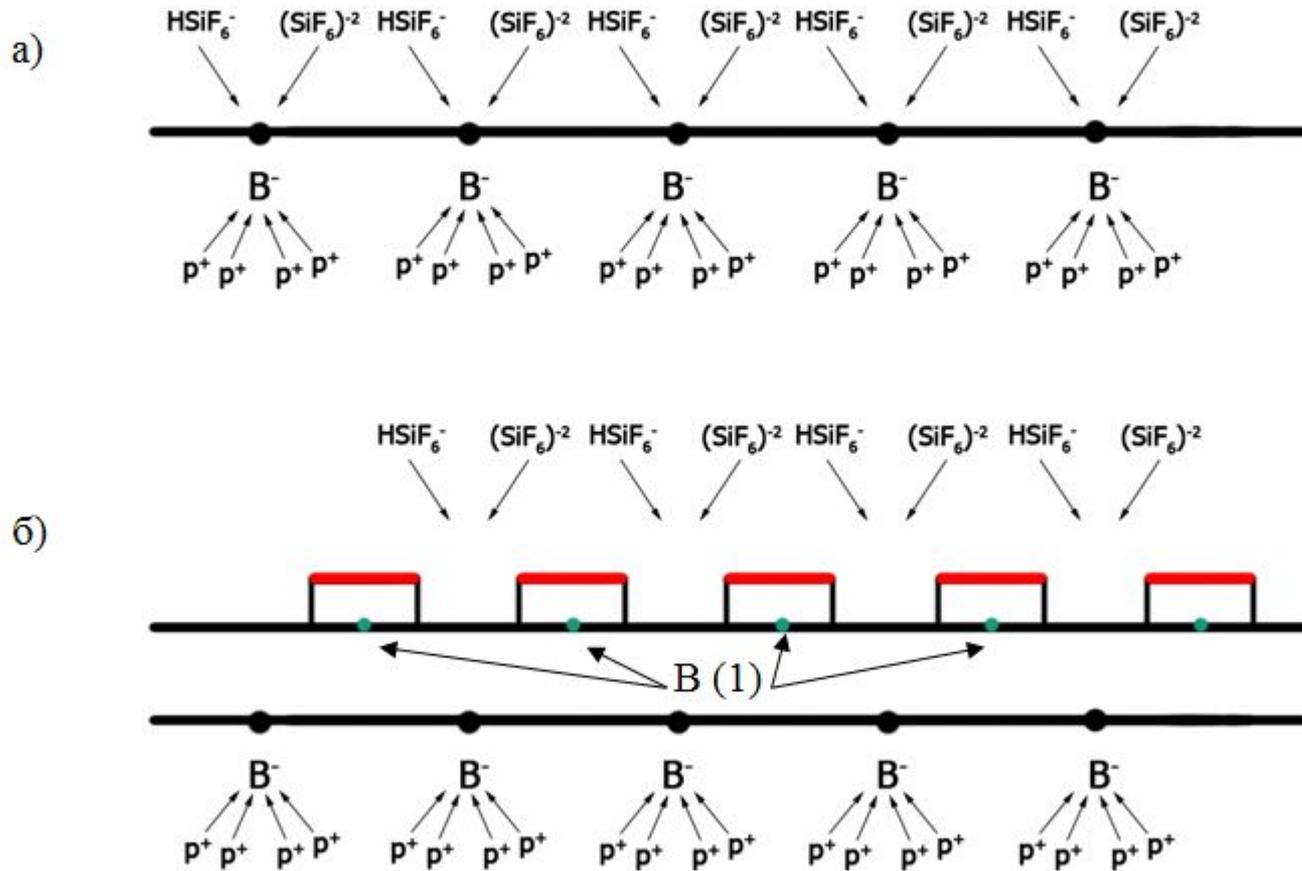


# Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



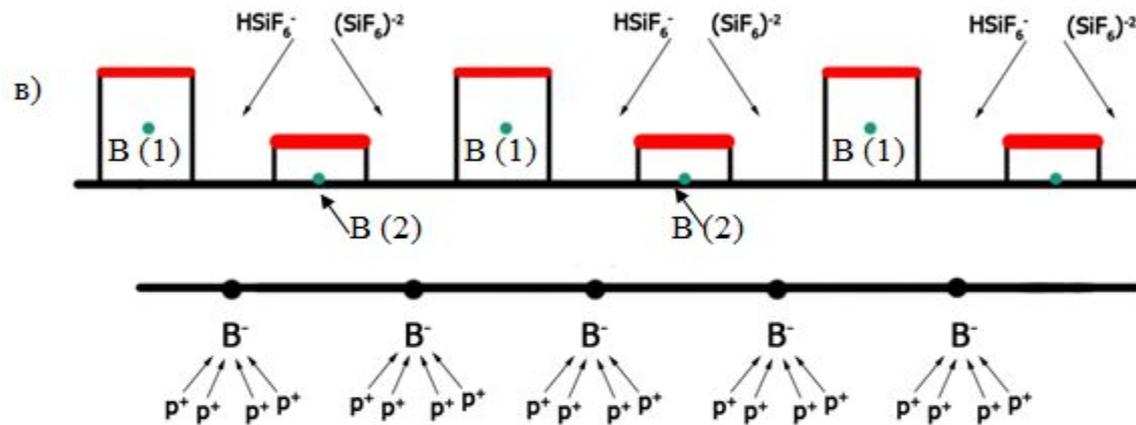
# Порообразование в p-Si

## Зарождение и рост пор

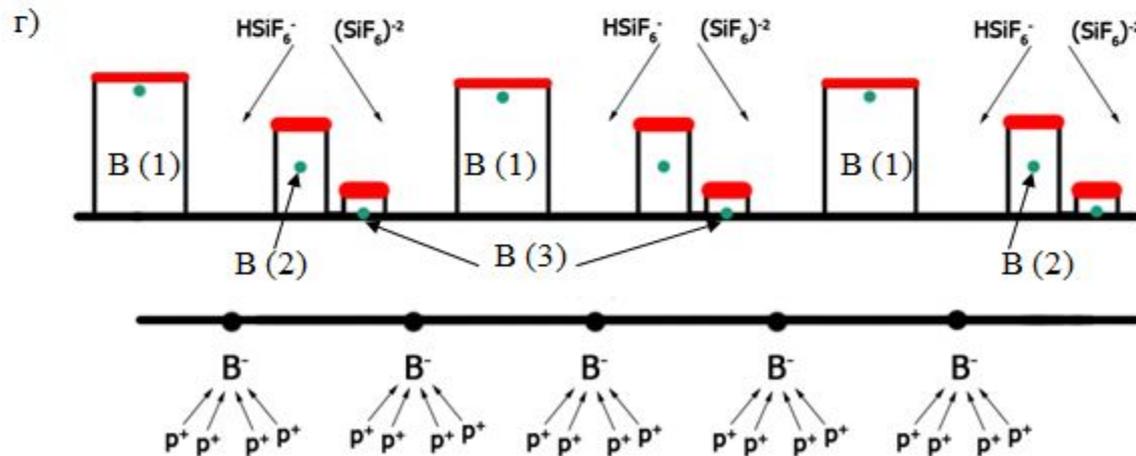


# Порообразование в p-Si

## Зарождение и рост пор

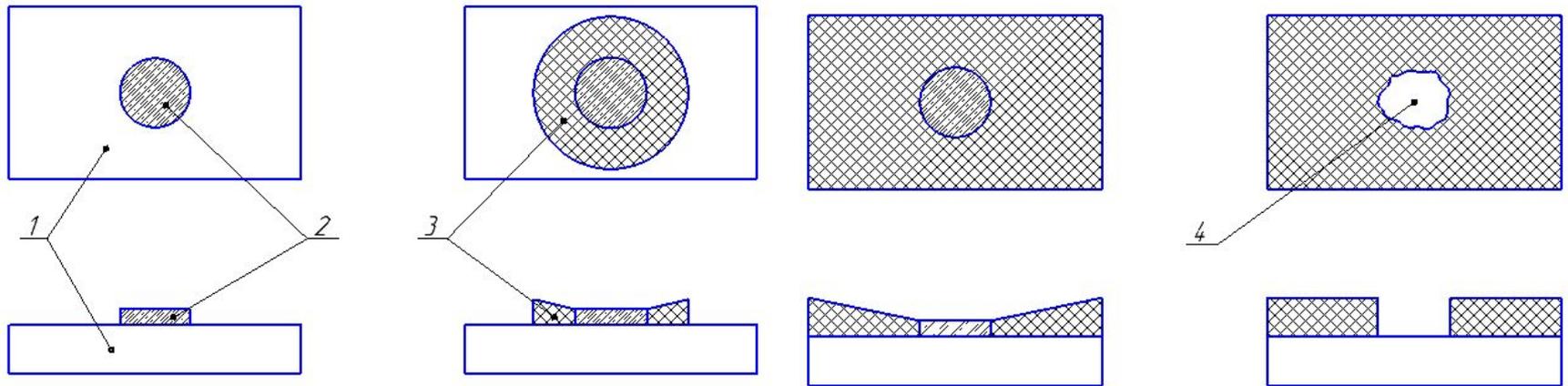


2 этап формирования пленки



3 этап формирования пленки

# Схема образования и пробоя защитной пленки на р-типе кремния.



1-монокристалл, 2-первоначально образовавшаяся пленка, 3-пленка увеличивающейся толщины,

4-место электрического пробоя.

# Зависимости толщин слоев ПК на образцах p-Si и времени их окисления от объемного содержания HF в травителе.

