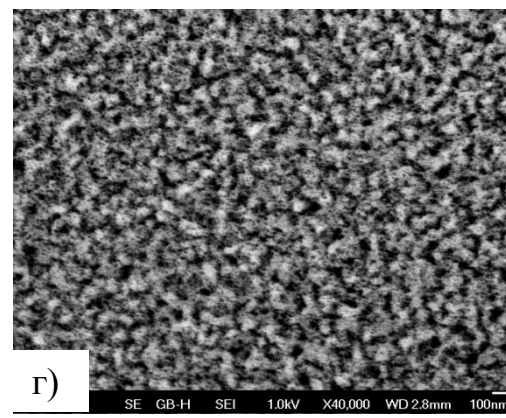
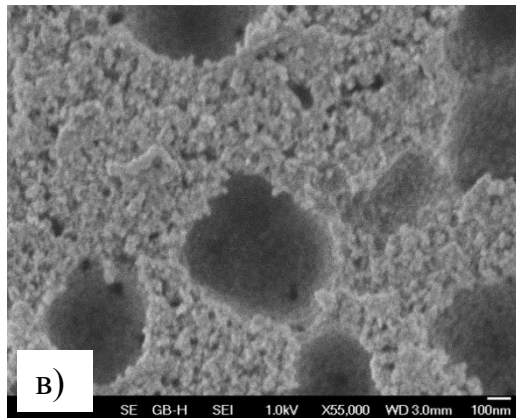
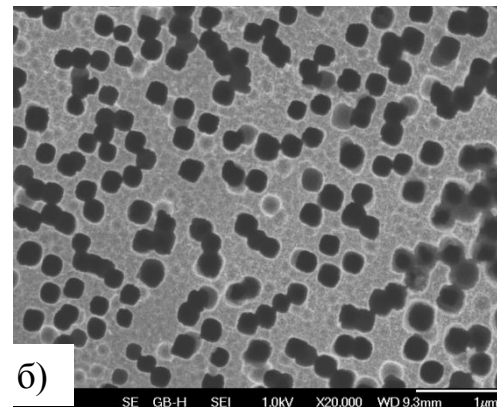
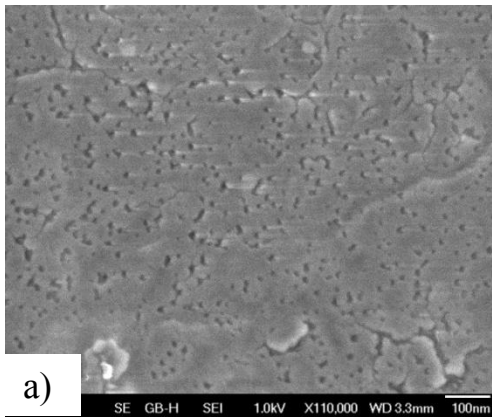


Создание слоев пористого кремния на p-Si.

Закономерности порообразования в Si n- и p- типов проводимости

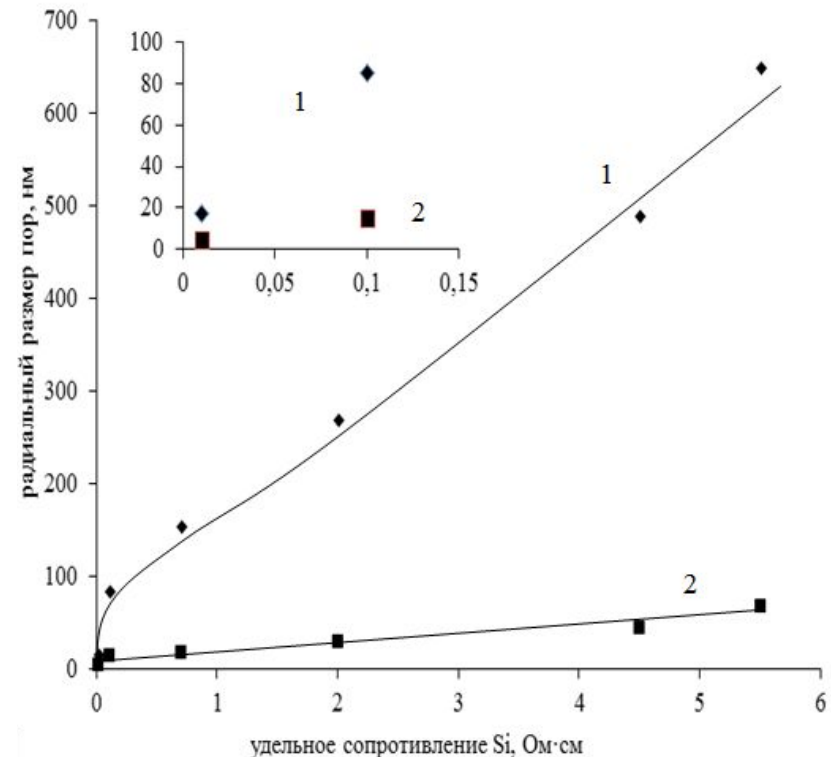
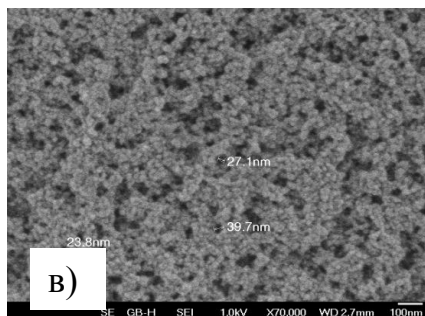
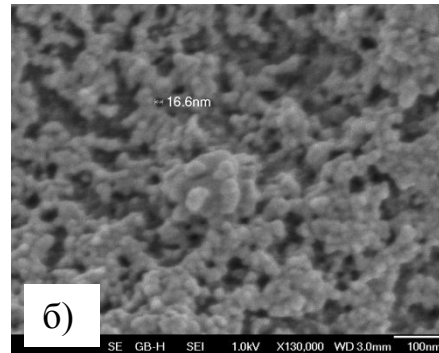
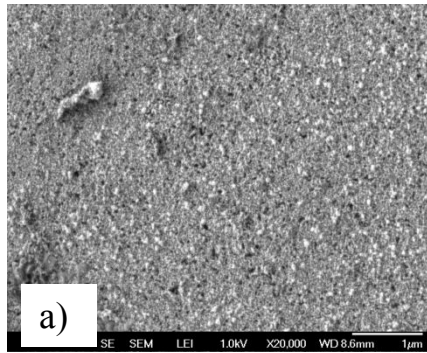
Влияние типа проводимости Si на радиальные размеры пор



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

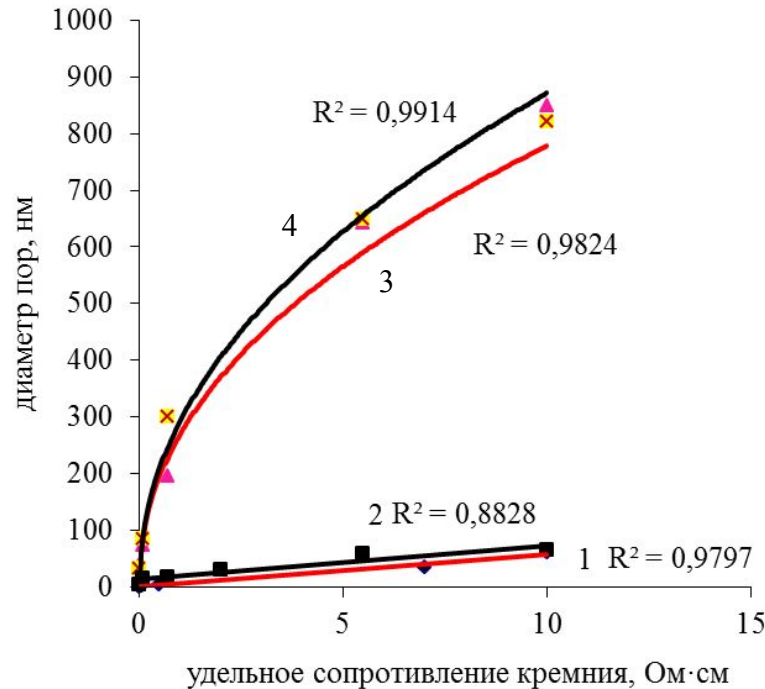
Влияние типа проводимости Si на радиальные размеры пор



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 :

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

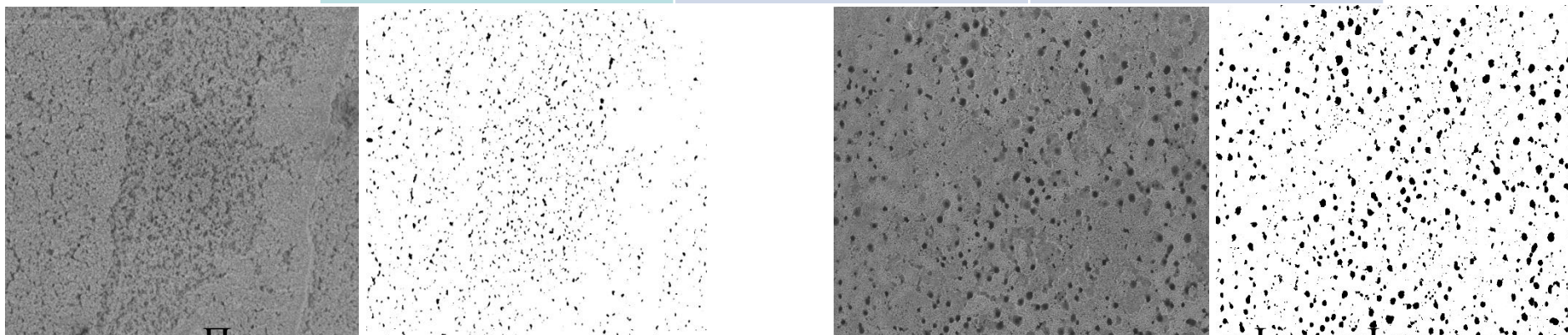
$$d_{\text{пор}} = A^{-1} \times \sqrt{\Delta m_{\text{Si}}/h \times N \times \rho_{\text{Si}}} \times \sqrt{4/\pi} \quad (2)$$

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

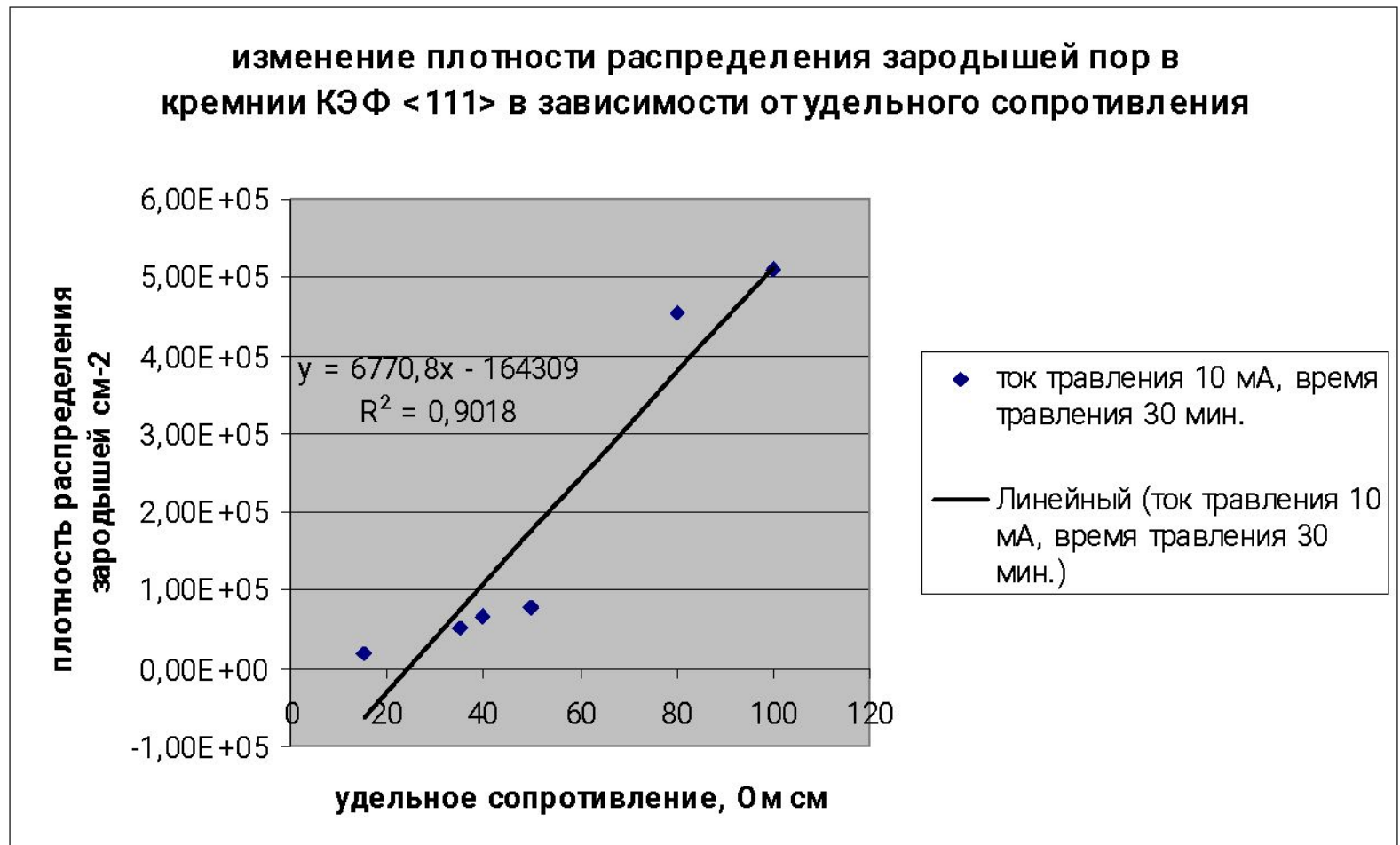
Влияние типа проводимости Si на плотность распределения пор

Марка Si	Концентрация примеси, см ⁻³	Количество пор в пересчете на 100 мкм ²
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

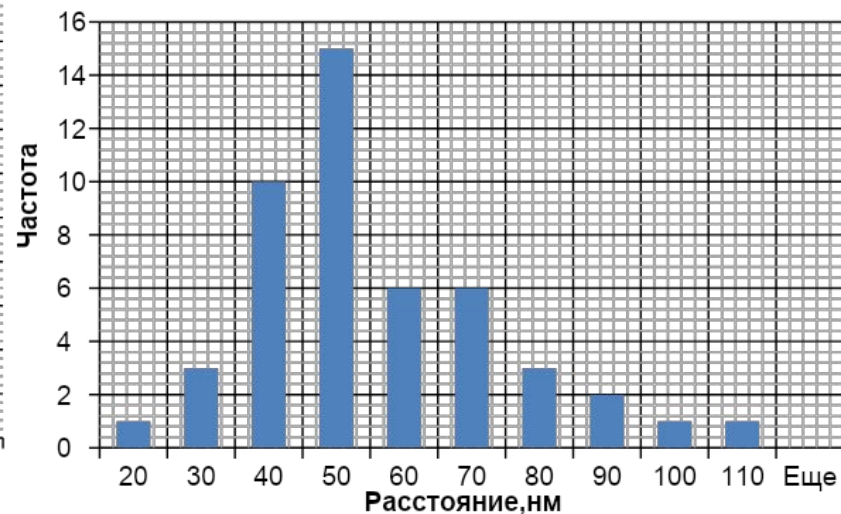
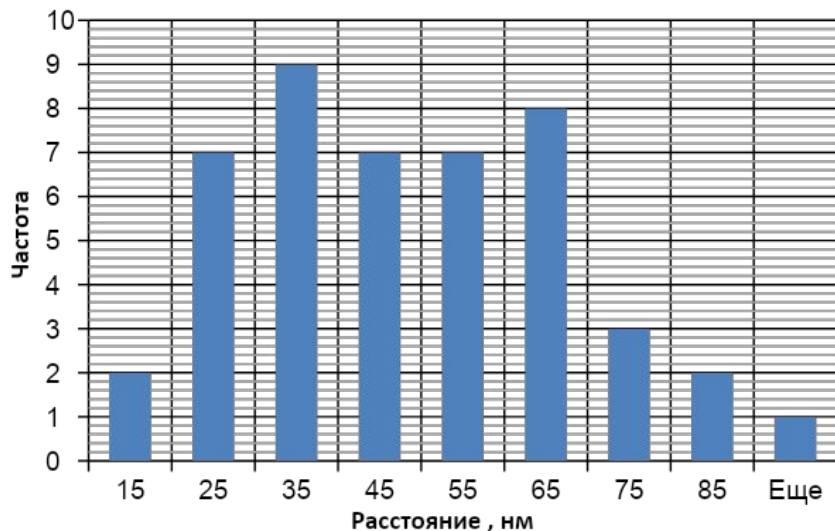


Пример расчета количества пор на поверхности в программе Image J

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



Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ



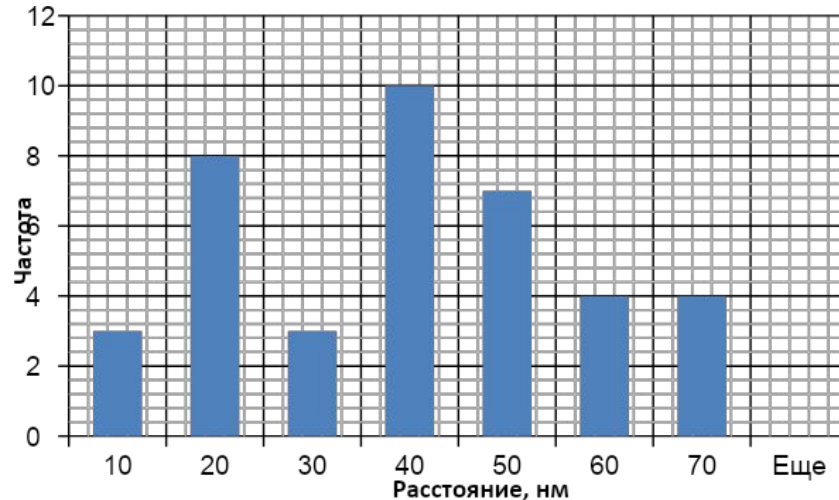
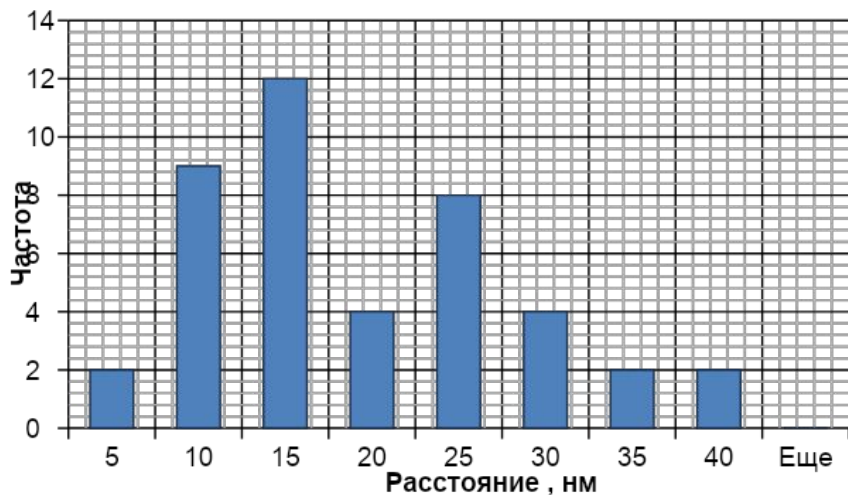
КДБ 0,005<100>, где частота это количество значений из данного интервала.

Технологические параметры получения: травитель раствор $C_2H_5OH:HF$ как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления 25мА/см².

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 25мА/см².

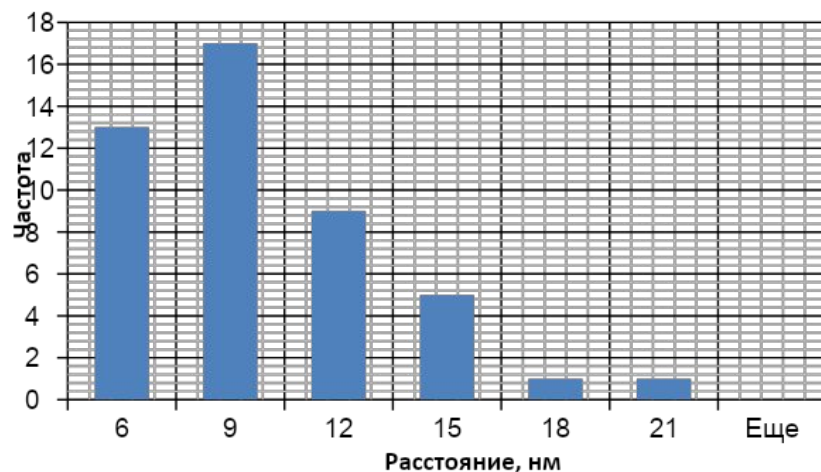
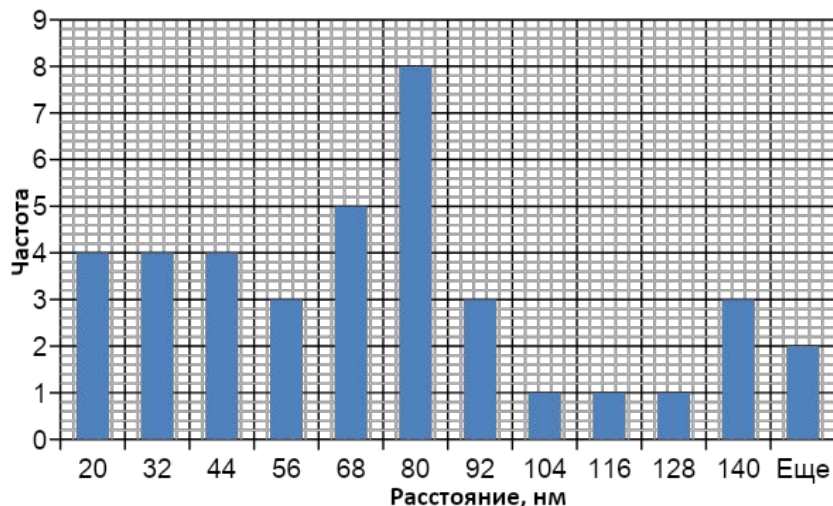
Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ



КДБ 0,5<100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор $C_2H_5OH:HF$ как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления $25mA/cm^2$.

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 $25mA/cm^2$.

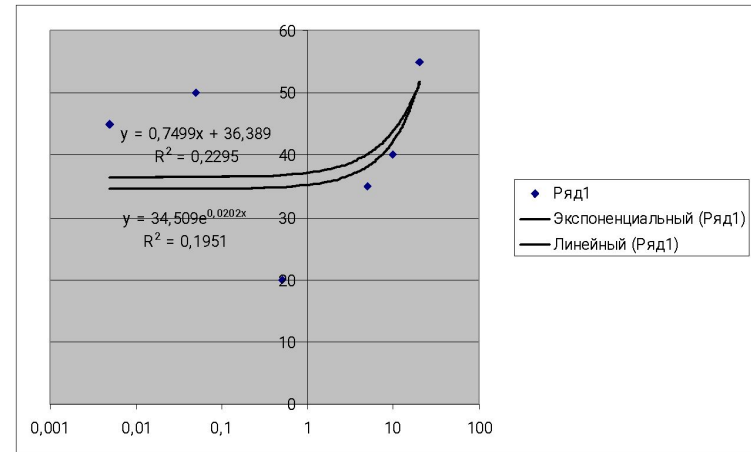
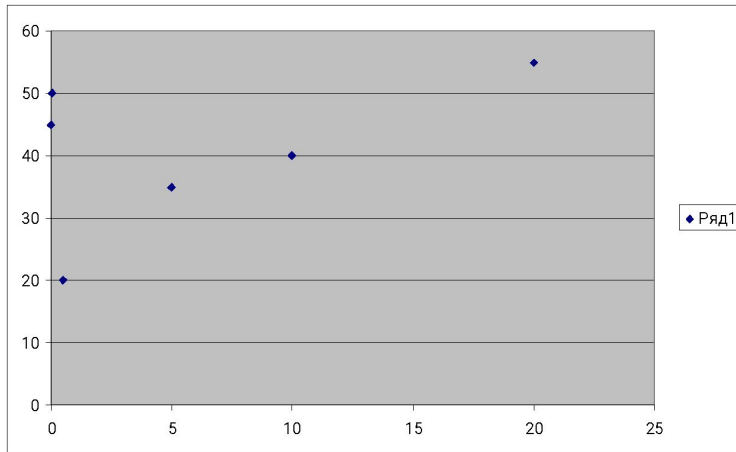
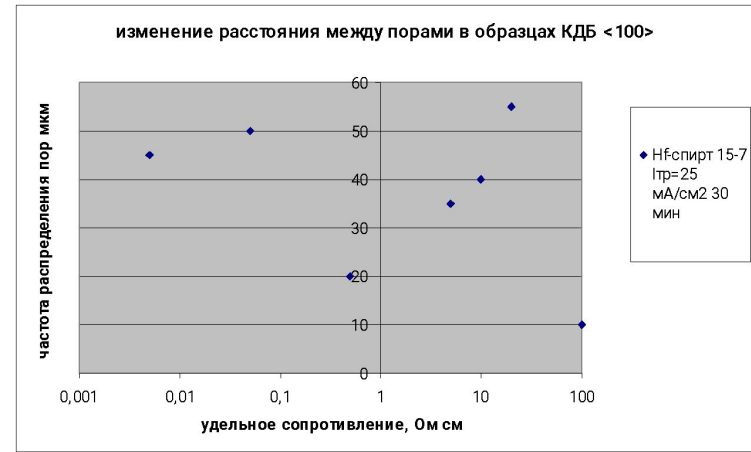
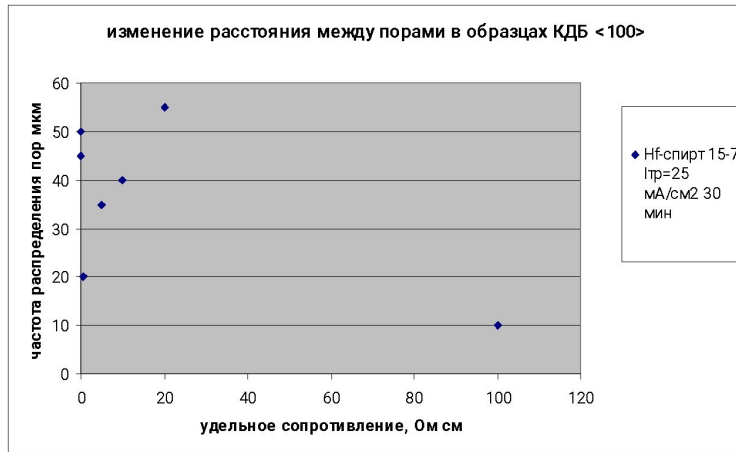
Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ



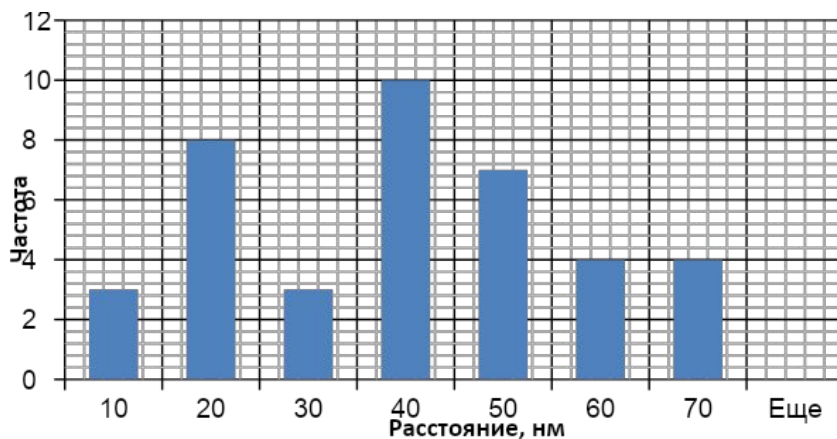
КДБ 20 <100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор $C_2H_5OH:HF$ как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления $25mA/cm^2$.

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 $25mA/cm^2$.

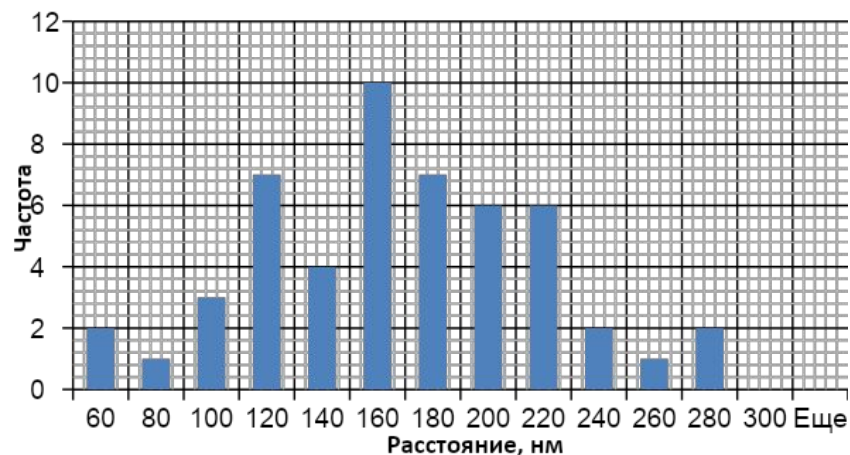
Распределения расстояния между порами в образцах КДБ 0,005-100 Ом см



Гистограмма распределения расстояния между порами в образце КДБ

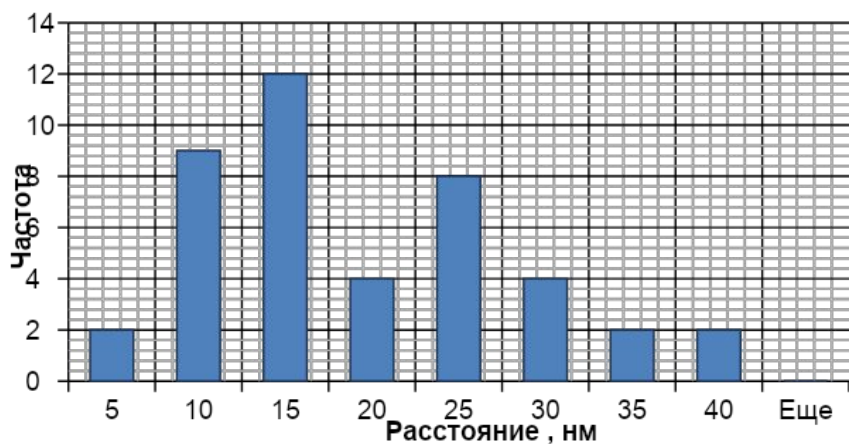


КДБ 10 <100>, где частота это количество раз которое встречались значения из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор $H_2O:HF$ как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления $25mA/cm^2$.



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



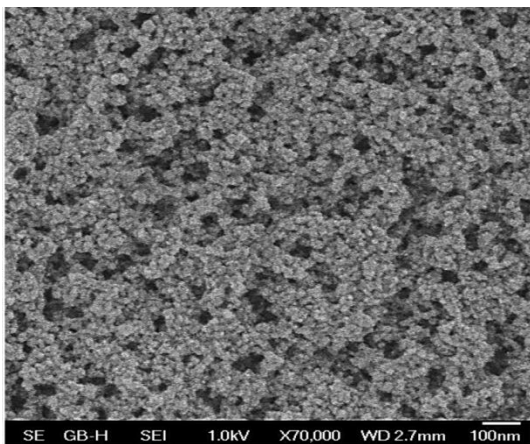
КДБ $0,5 < 100 >$, где частота это количество значений из данного интервала.

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



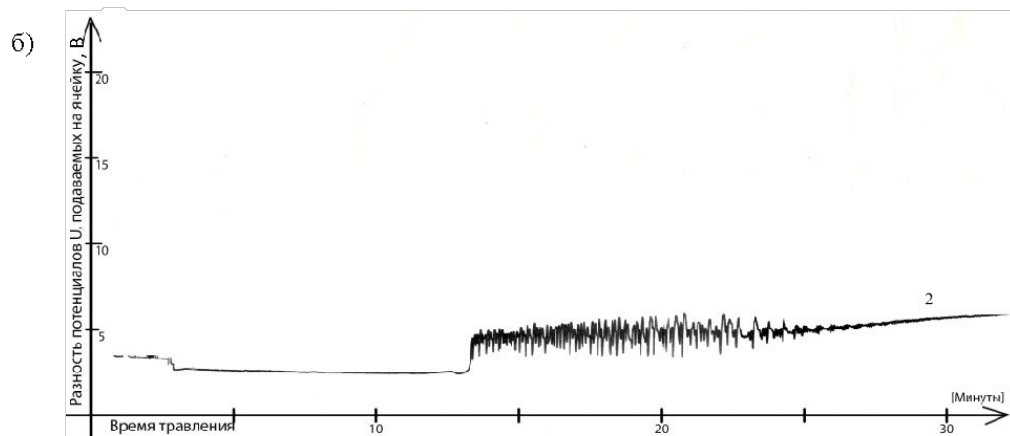
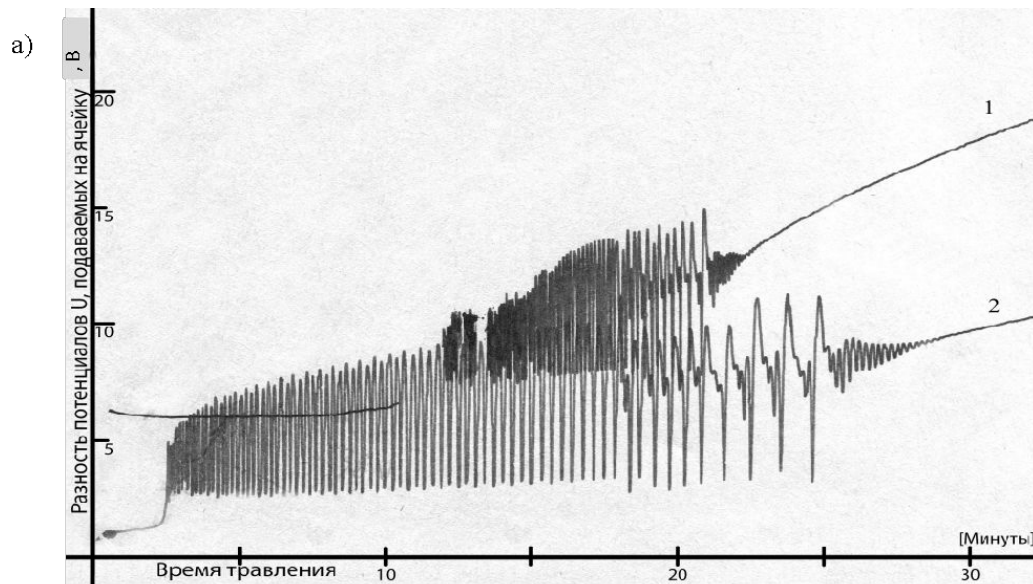
КЭФ $0,7 < 100 >$, где частота это количество значений из данного интервала. Технологические параметры получения: травитель раствор $C_2H_5OH:HF$ как 15:7; время травления 30 мин.; плотность тока травления $25 mA/cm^2$.

Порообразование в p-Si

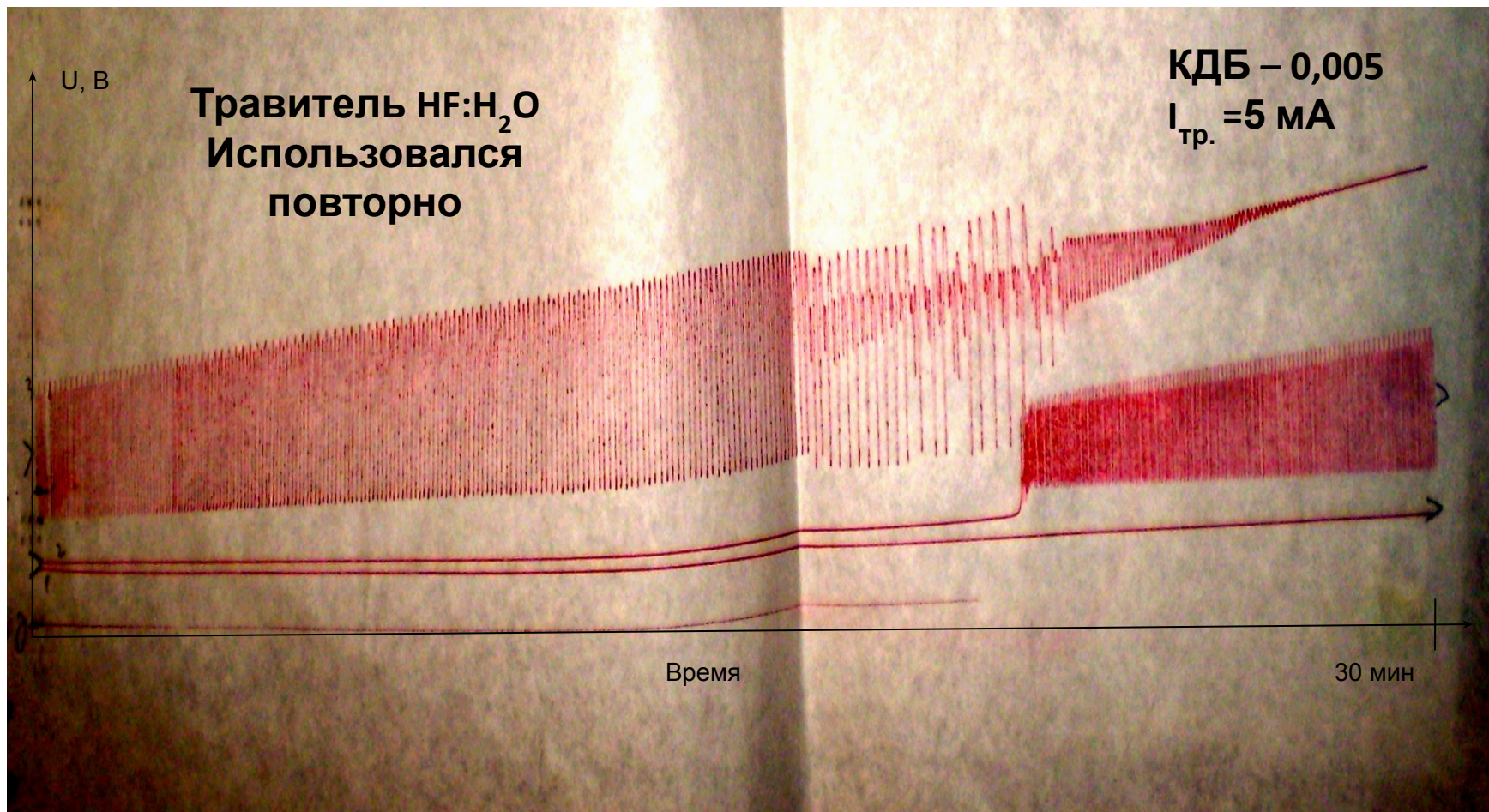


СЭМ- изображение поверхности слоя ПК на КДБ 20

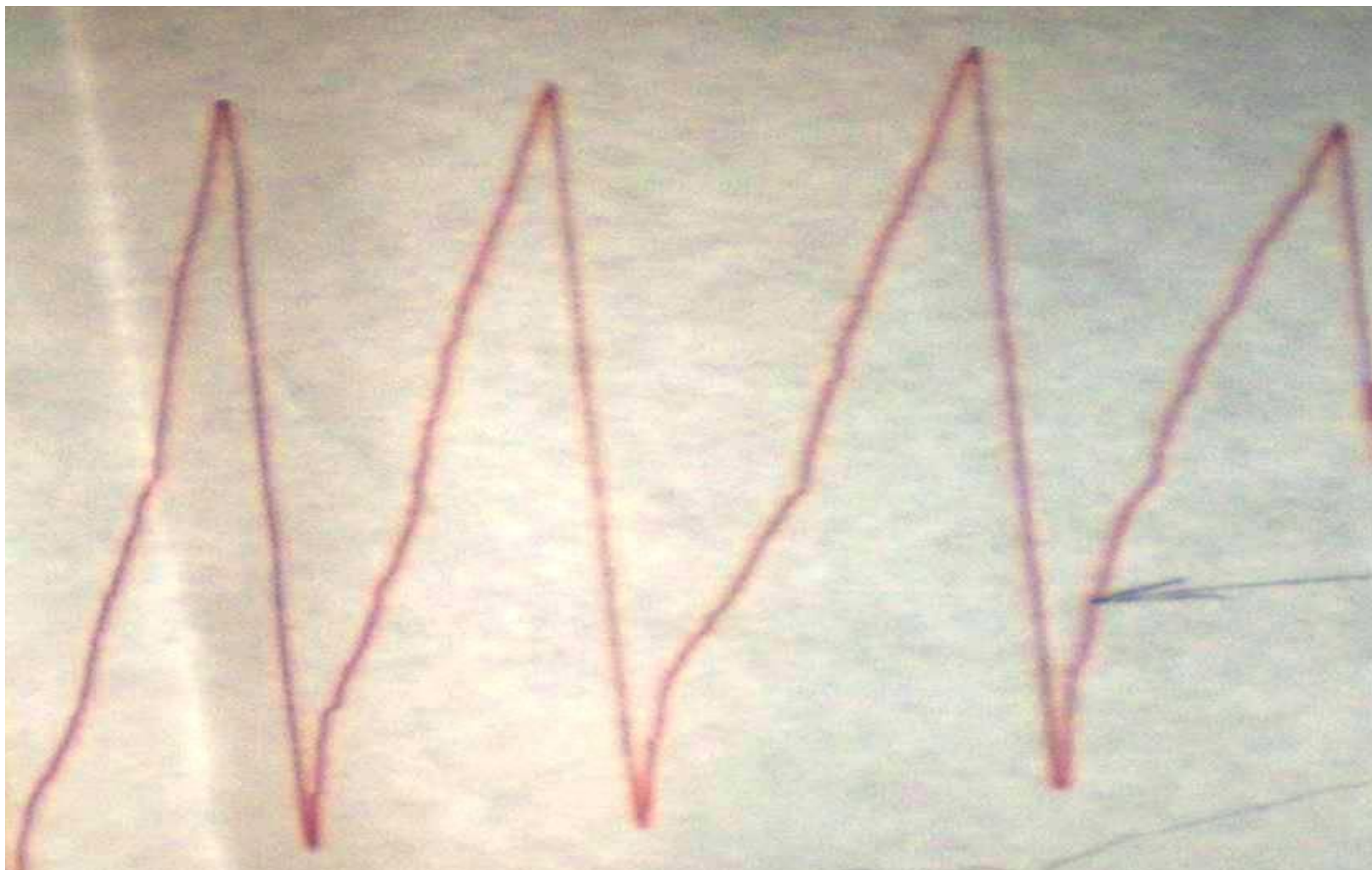
Изменение разности потенциалов на ячейке травления в процессе анодирования: а) p-Si, б) n-Si, в травителе с соотношением фтористоводородная кислота:Н₂О=15:7
– свежеприготовленный травитель (1);
– многократно использовавшийся травитель (2).



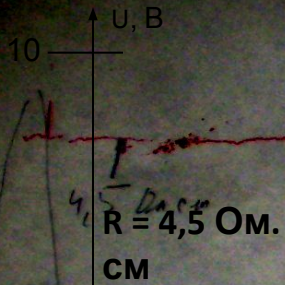
Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



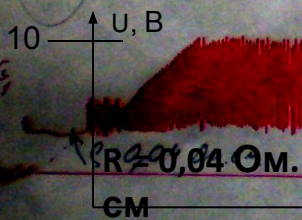
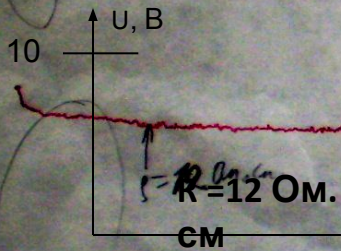
Типичный вид кривой пульсации напряжения (дано с сильным увеличением)



Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния

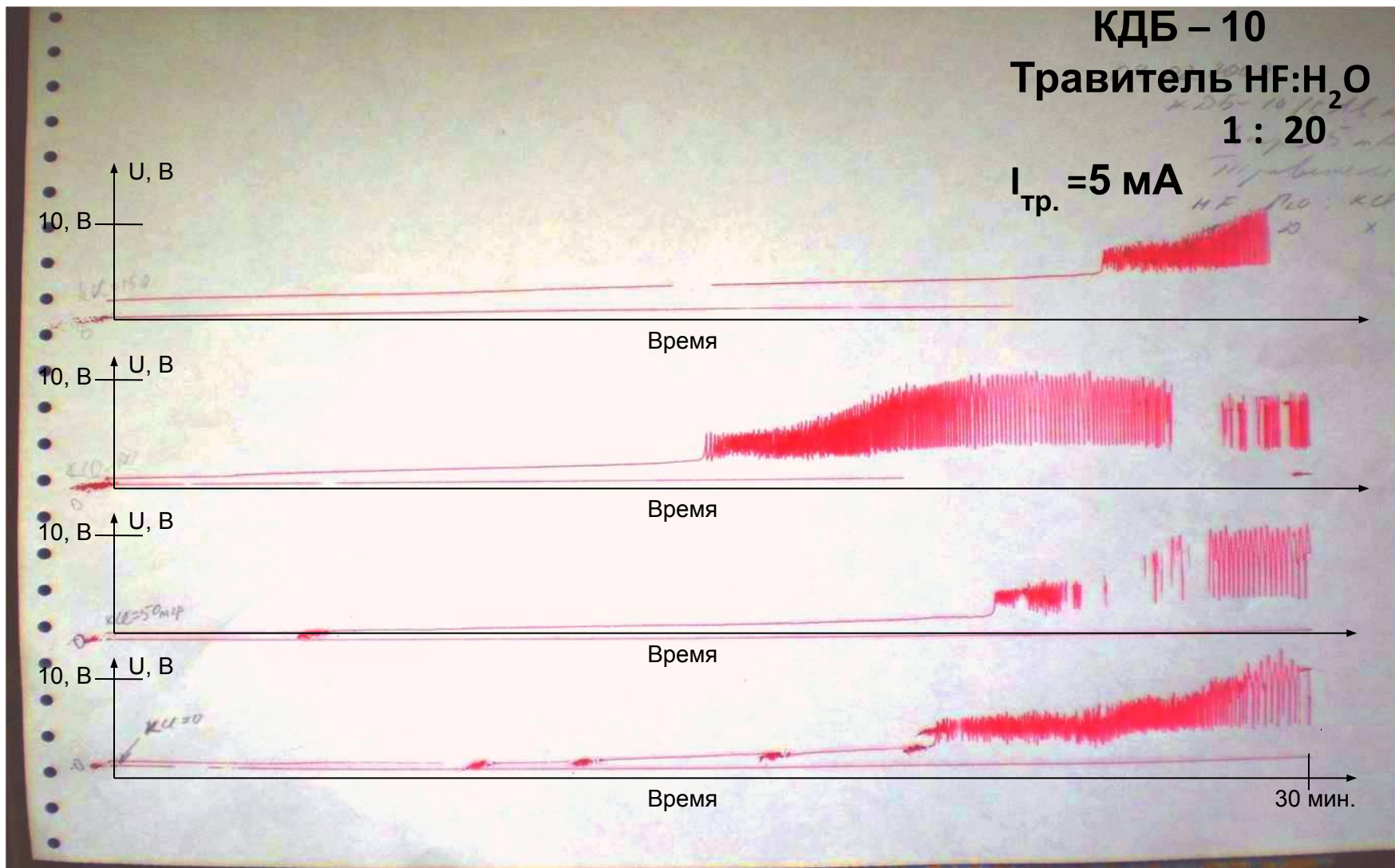


КДБ
Травитель
HF:H₂O 1:20
 $I_{\text{тр.}} = 10 \text{ мА}$

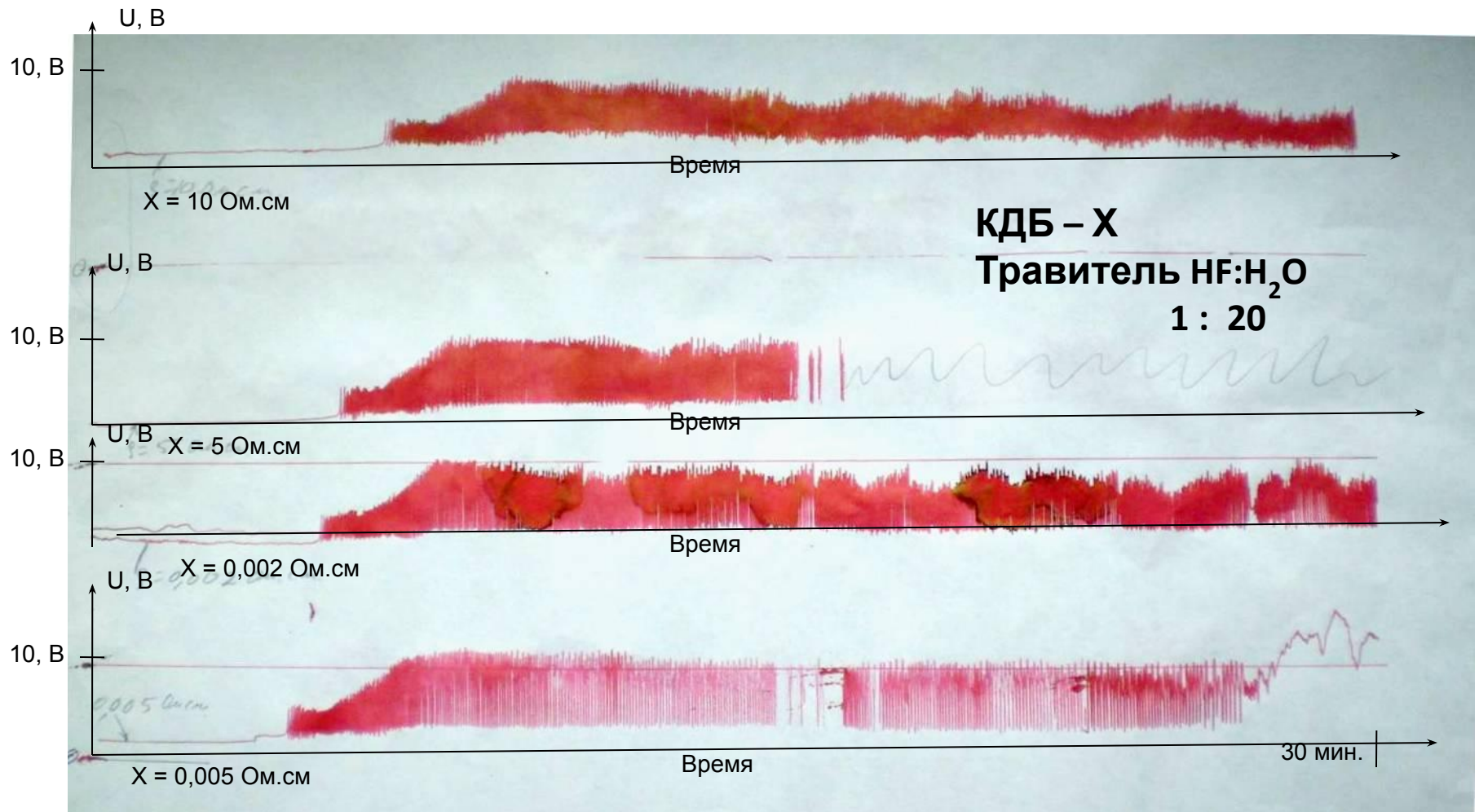


30

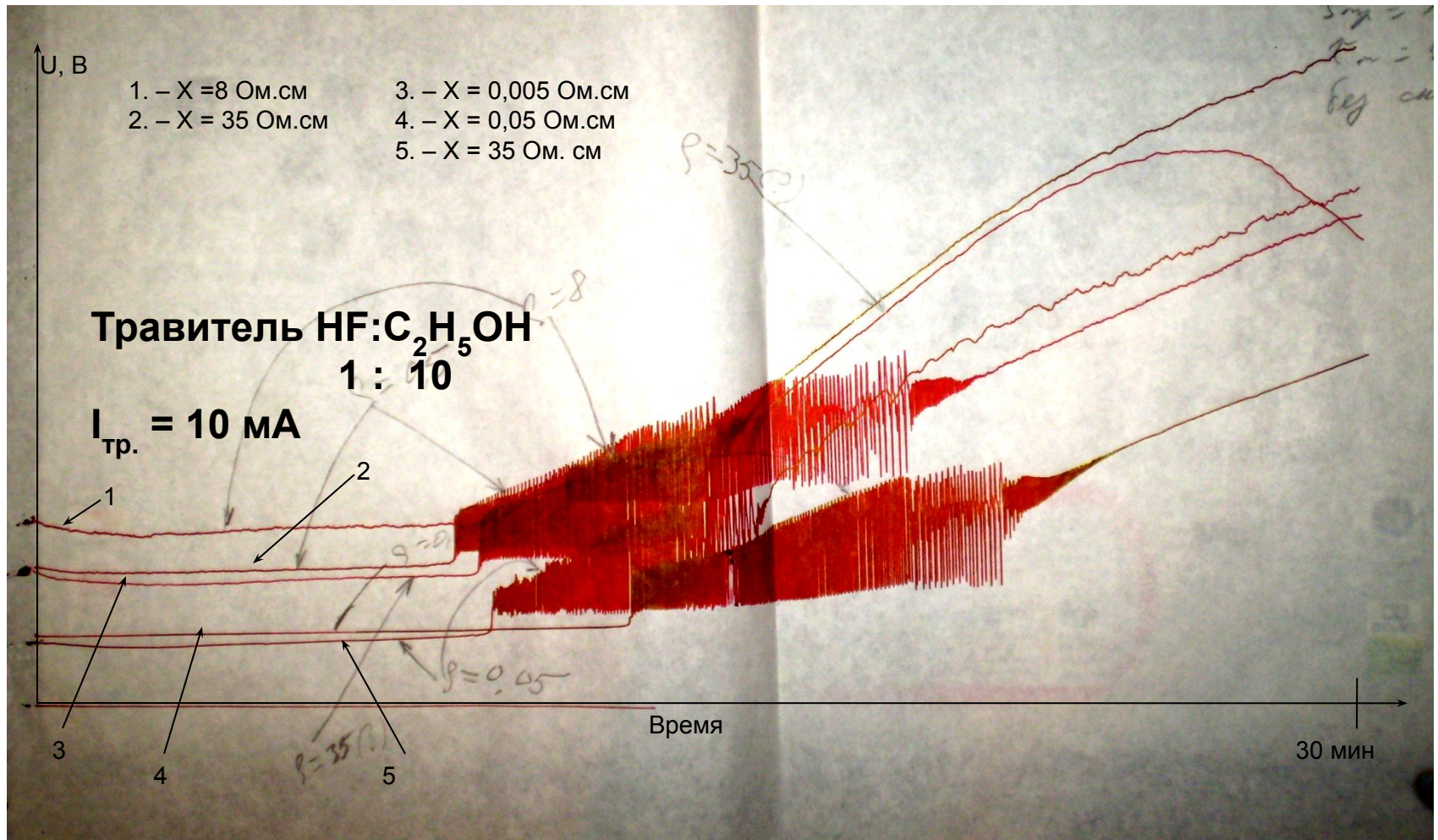
Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



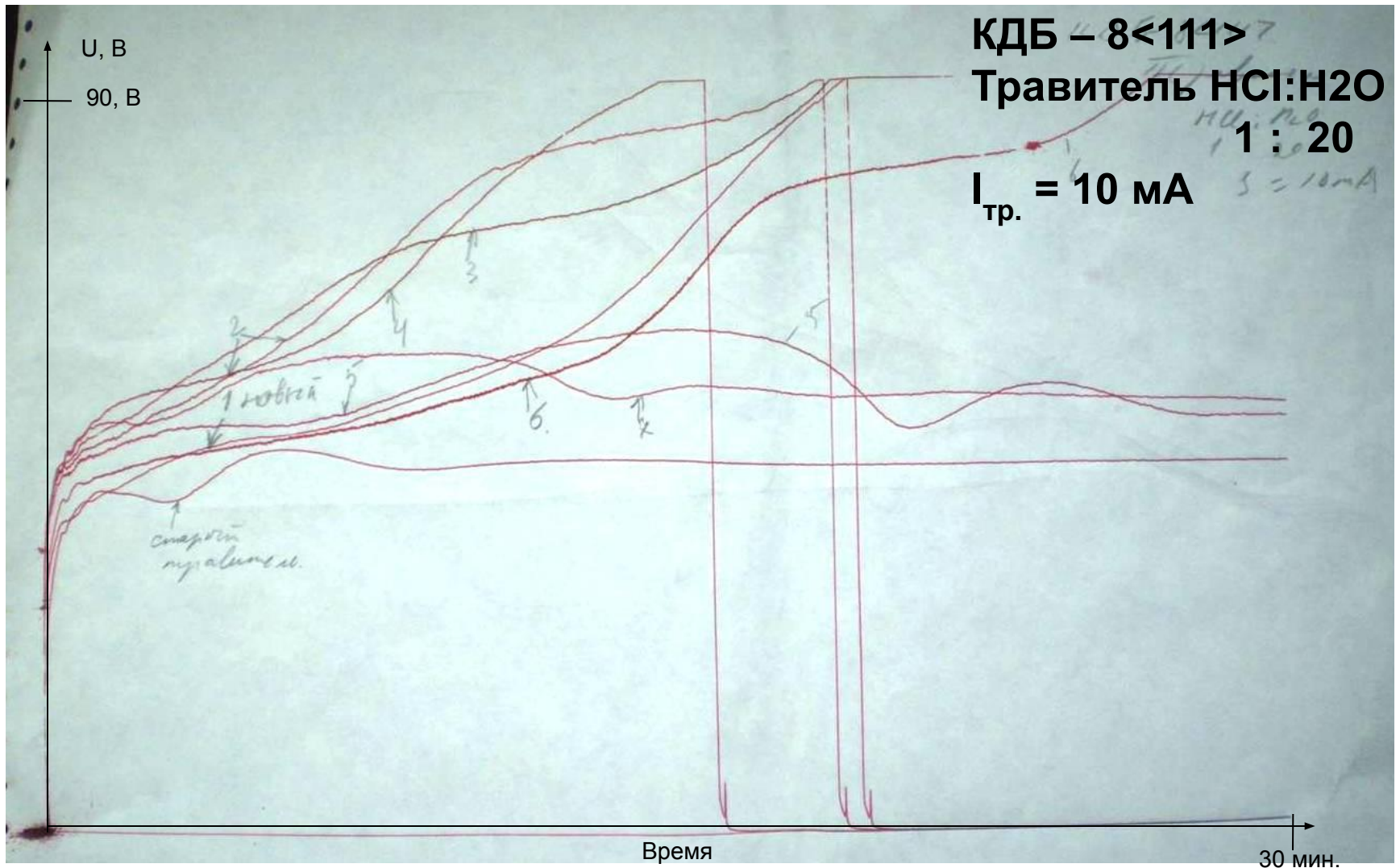
Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния

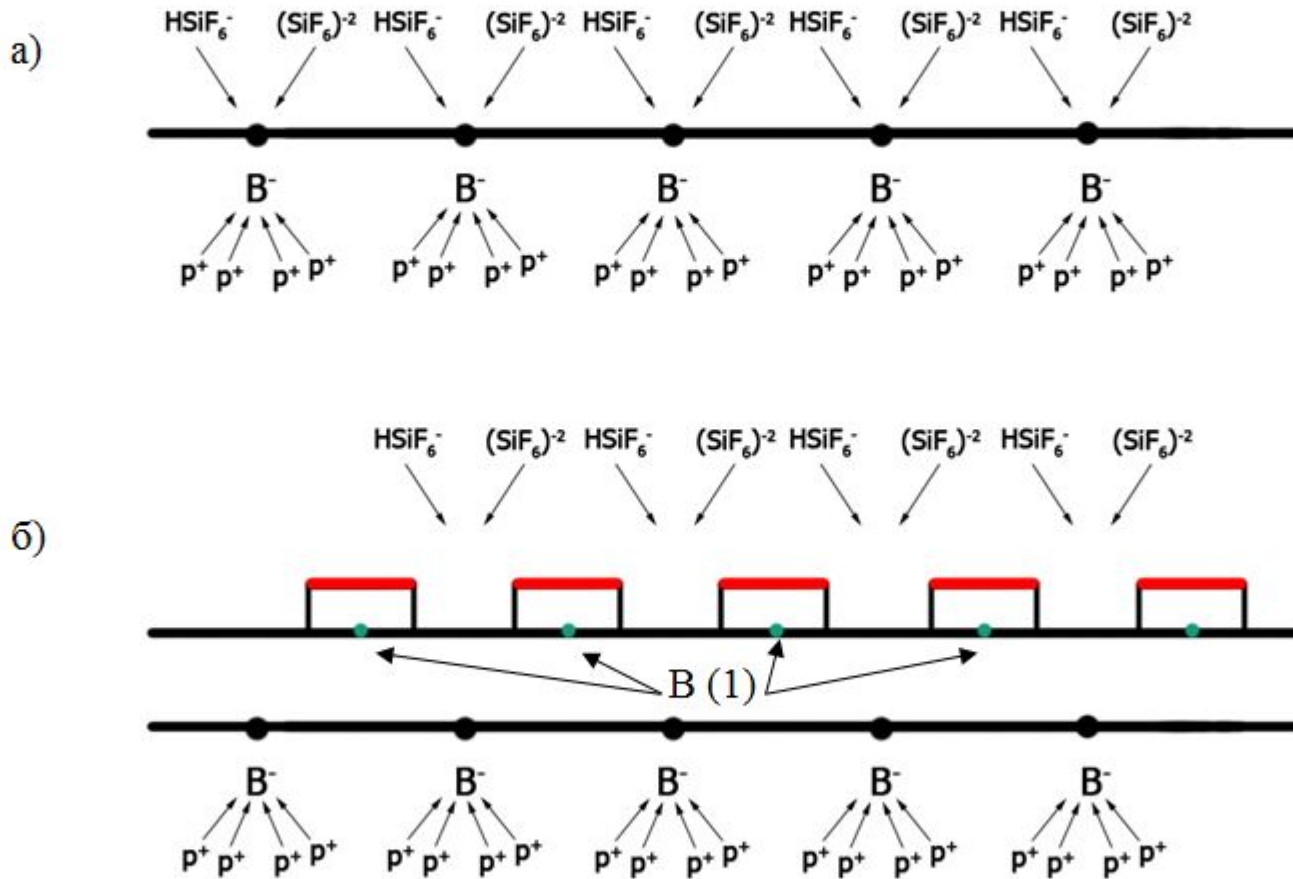


Типичная зависимость изменения напряжения в процессе электрохимического травления кремния



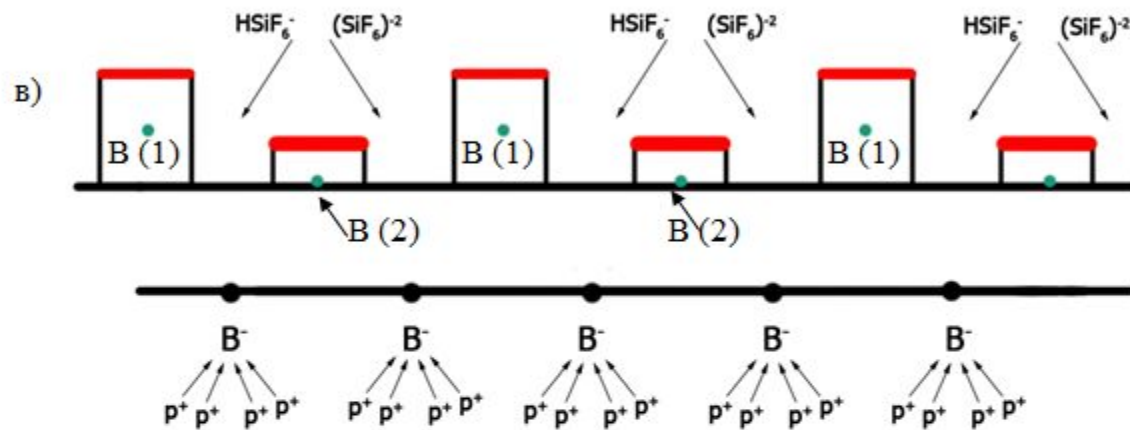
Порообразование в p-Si

Зарождение и рост пор

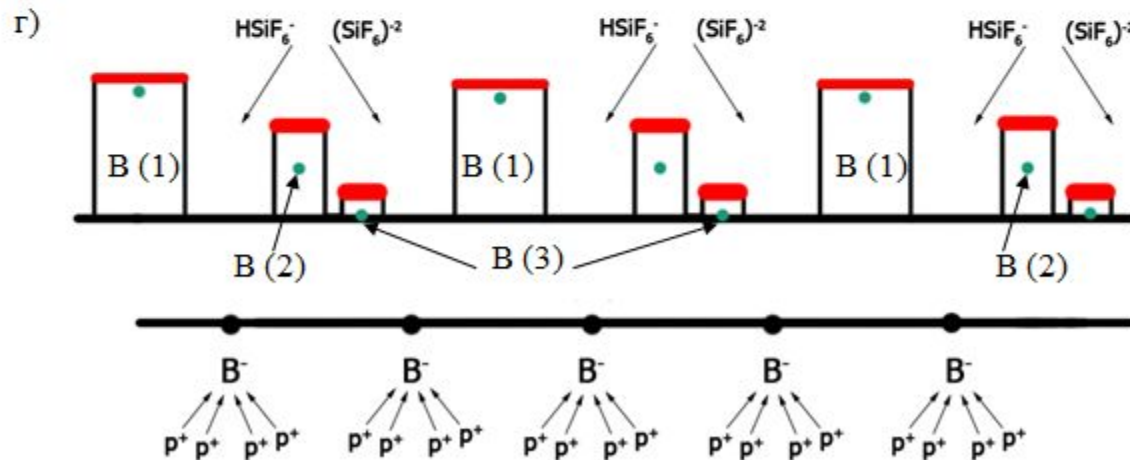


Порообразование в p-Si

Зарождение и рост пор

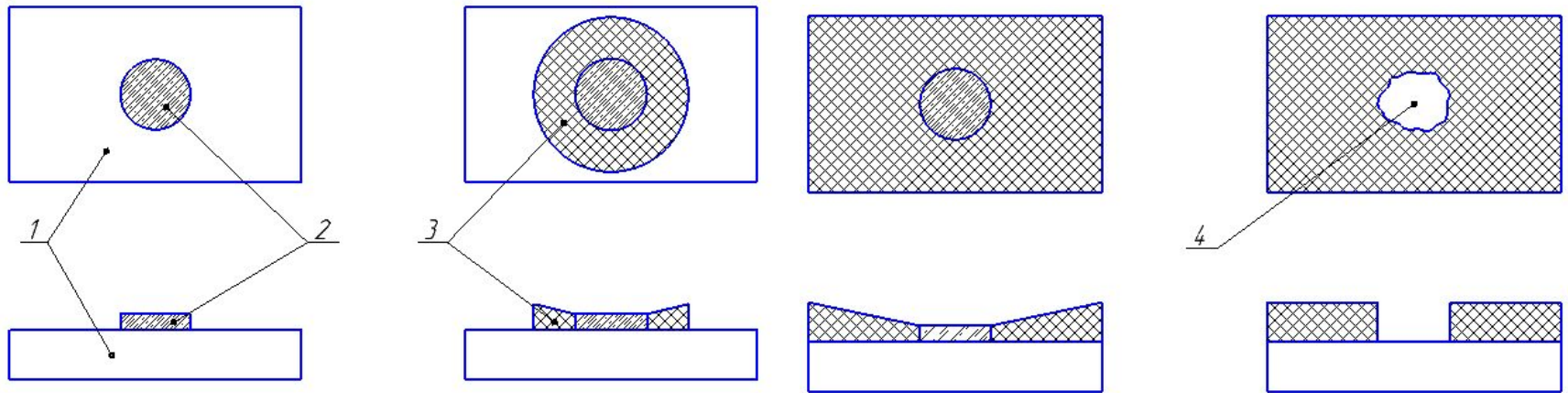


2 этап формирования пленки



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.

