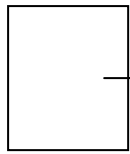


# МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Si (100)



Co<sup>+</sup> 180

$D=(1-3)\times 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup>

$j=5-100$  мкА/см<sup>2</sup>

+отжиг 1000<sup>0</sup>С 30 мин

## ИССЛЕДОВАЛИСЬ

РОР

(НИИЯФ МГУ)

элементный состав

стехиометрия (фазообразование)

дозовая и токовая зависимости

профили распределения

профили дефектов

типы дефектов

ВИМС

(МИСИС)

элементный состав

дозовая и токовая зависимости

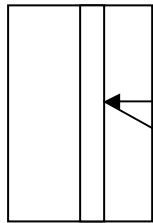
профили распределения

ПЭМ

(МИСИС)

слой «вживую»

## РОР



He<sup>+</sup> 1,2-2,2 МэВ

Детектор + ПУ (2N5434 S=80 I<sup>3</sup><sub>ут</sub>=0,1пА)

Разрешение по энергии 17 кэВ = по глубине 30-40 А

## АНАЛИЗ

RUMP ERD, DVBS

профили распределения

RAD DAM, MATHCAD

профили дефектов

типы дефектов

TRIM

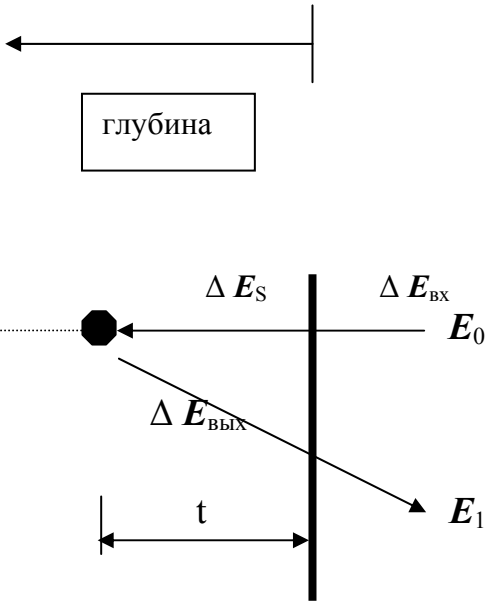
(МИСИС)

профили распределения

(моделирование)

# ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## РОР



$$\Delta E_{ex} \cong \frac{dE}{dx}(E = E_0) \cdot t$$

$$E_t = E_0 - \Delta E_{ex}$$

$$\Delta E_s = (1 - K) E_t$$

$$\Delta E_{вых} \cong \frac{dE}{dx}(E = E_1) \cdot \frac{t}{\cos \theta}$$

Перевод энергии в глубину  $\Rightarrow$  RUMP



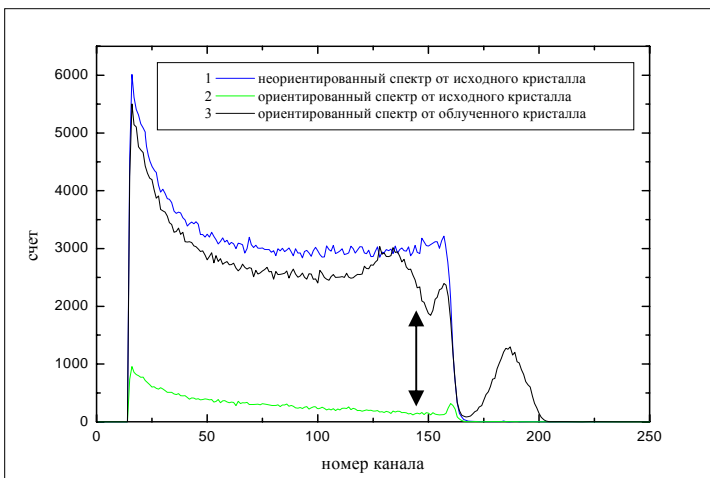
DVBS



Профили распределения

Исследовались зависимости распределения слоя дисилицида от дозы, тока, высокотемпературного отжига

## РОРКИ

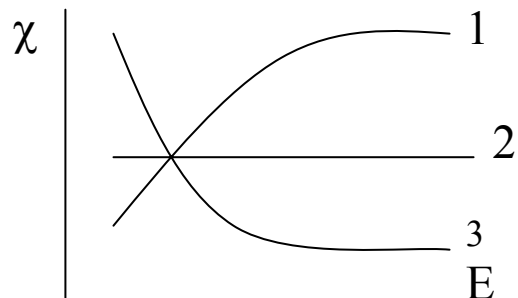


- 1- дислокации
- 2- дефекты упаковки
- 3- точечные дефекты

$\chi$  - степень кристалличности  
зависимость сечения деканалирования  
от энергии



ТИПЫ ДЕФЕКТОВ



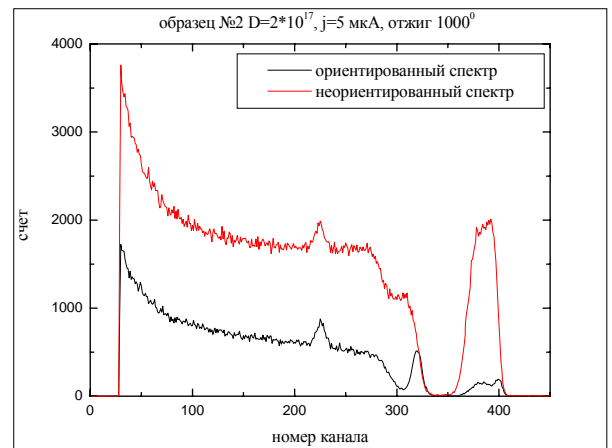
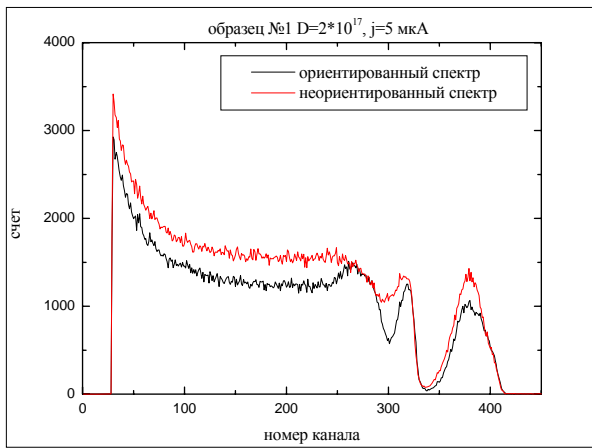


Рис.7. Ориентированный  $\langle 100 \rangle$  и неориентированный спектры для образца имплантированного ионами кобальта с энергией 180 кэВ, дозой  $2 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup> и с плотностью тока имплантации 5 мкА/см<sup>2</sup>

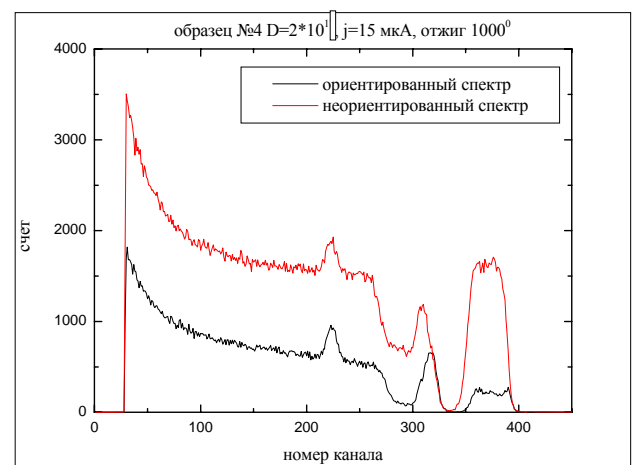
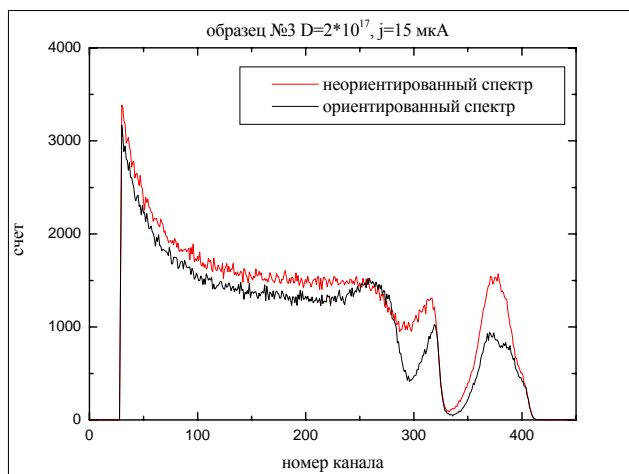


Рис.8. Ориентированный  $\langle 100 \rangle$  и неориентированный спектры для образца имплантированного ионами кобальта с энергией 180 кэВ, дозой  $2 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup> и с плотностью тока имплантации 15 мкА/см<sup>2</sup>

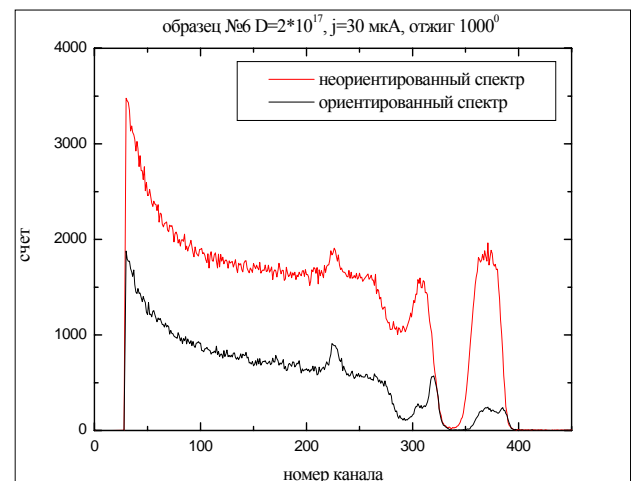
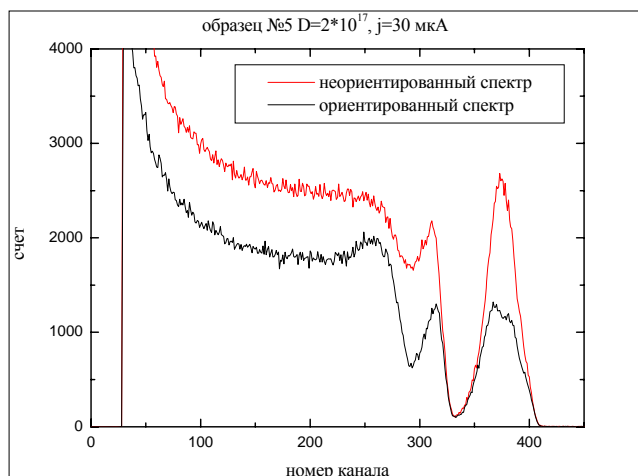


Рис.9. Ориентированный  $\langle 100 \rangle$  и неориентированный спектры для образца имплантированного ионами кобальта с энергией 180 кэВ, дозой  $2 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup> и с плотностью тока имплантации 30 мкА/см<sup>2</sup>

**ВЫВОДЫ:** С увеличением плотности тока улучшается степень кристалличности. После отжига улучшается степень кристалличности, кобальт садится в узлы – уменьшается дефектность кристалла, образуется фаза дисилицида кобальта с четкой границей раздела.

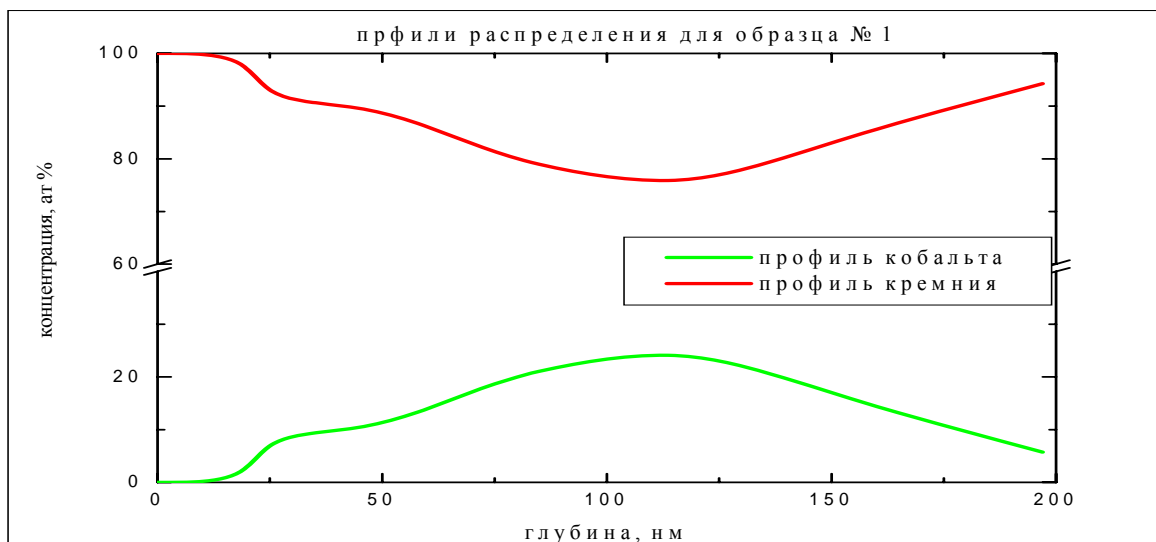


Рис.10. Профили распределения для образца №1 ( $E=180$  кэВ, доза  $1 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup>, плотность тока  $5$  мкА/см<sup>2</sup>)  
Рассчитанные с помощью программы RUMP ERD

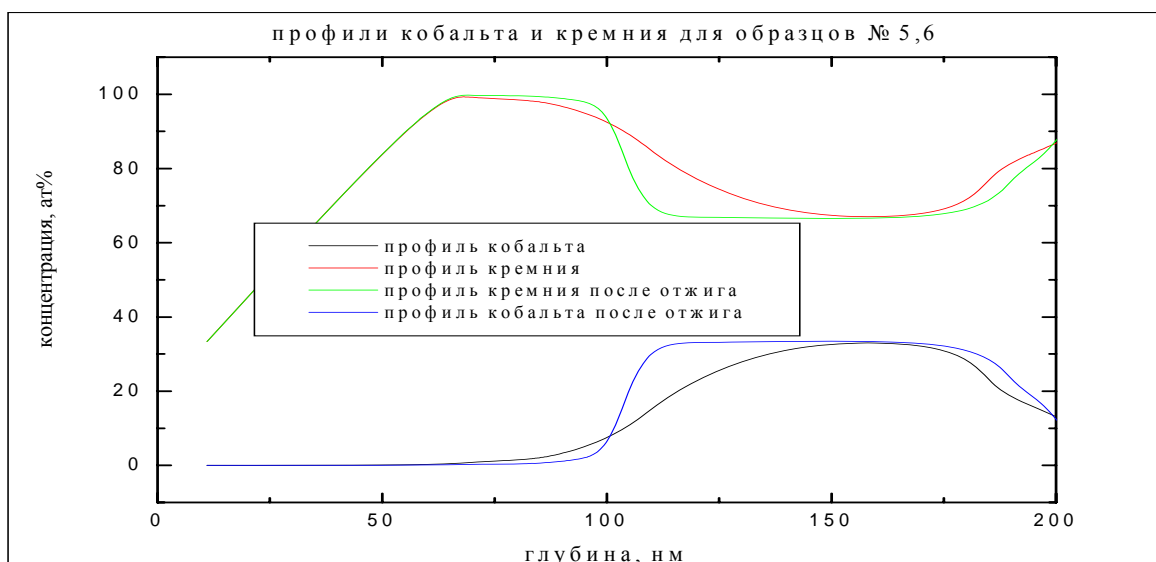


Рис.11. Профили распределения для образца №5 ( $E=180$  кэВ, доза  $2 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup>, плотность тока  $30$  мкА/см<sup>2</sup>) и образца №6 ( $E=180$  кэВ, доза  $2 \cdot 10^{17}$  ат/см<sup>2</sup>, плотность тока  $30$  мкА/см<sup>2</sup>, отжиг  $1000$  °С  $30$  мин) рассчитанные с помощью программы RUMP ERD

**ВЫВОДЫ:** доза  $1 \cdot 10^{17}$  недостаточна для получения хорошего слоя дисилицида кобальта. С увеличением дозы в два раза для образца без отжига заметно начало образования фаза  $CoSi_2$  после отжига образуется хороший слой с четко выраженными границами раздела

С увеличением дозы имплантации профиль распределения ионов кобальта становится уже и его максимум смещается по направлению к поверхности.

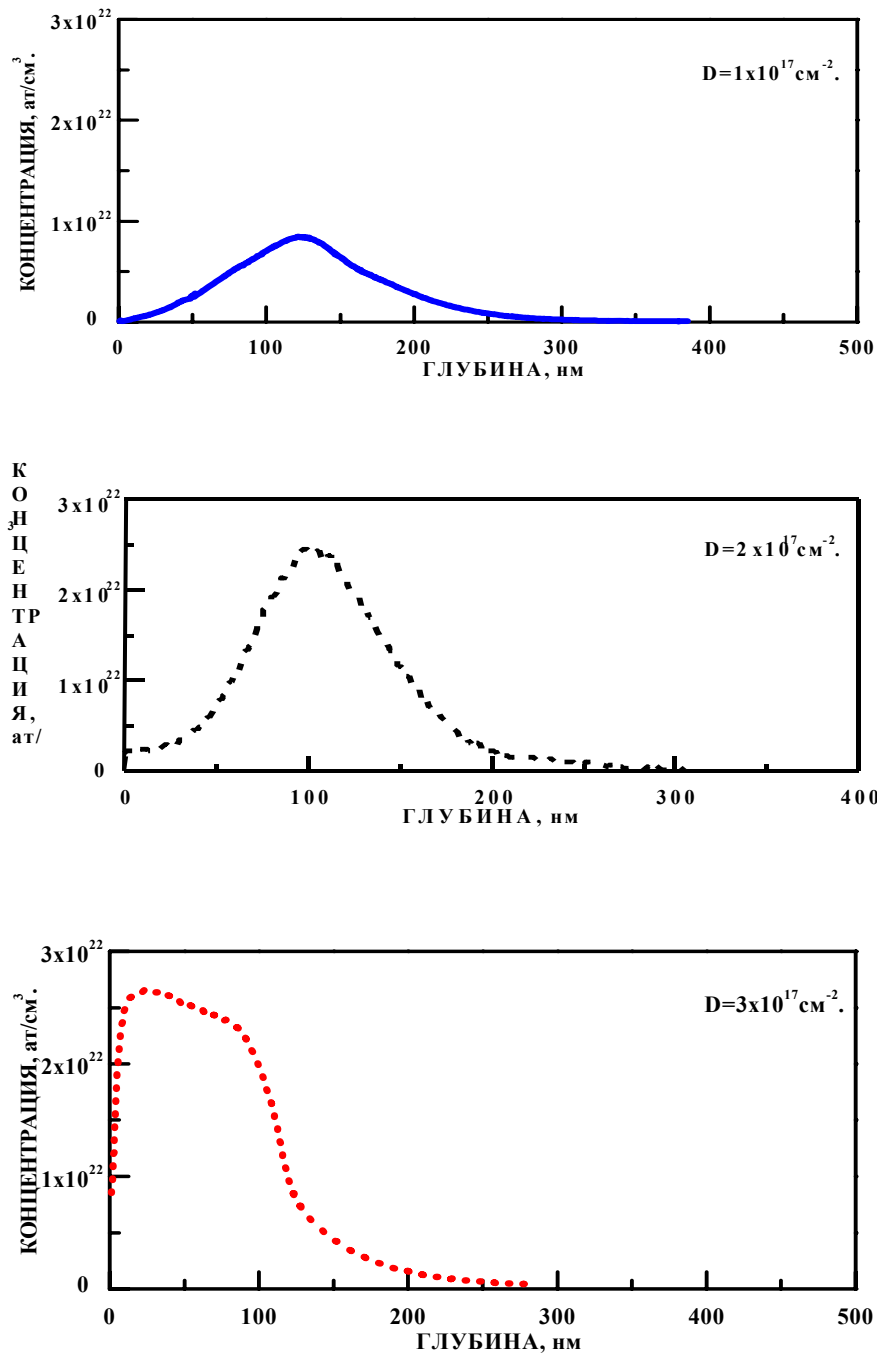


Рис.13. Экспериментальные профили распределения Co в кремнии для разных доз имплантации (полученные методом ВИМС).

**ВЫВОДЫ:** доза  $3 \times 10^{17}$  слишком велика для образования хорошего слоя. Идет частичное распыление? поверхности, слой дисилицида поднимается на поверхность образца, для точного понимания происходящих процессов необходимо моделирование (TRIM)

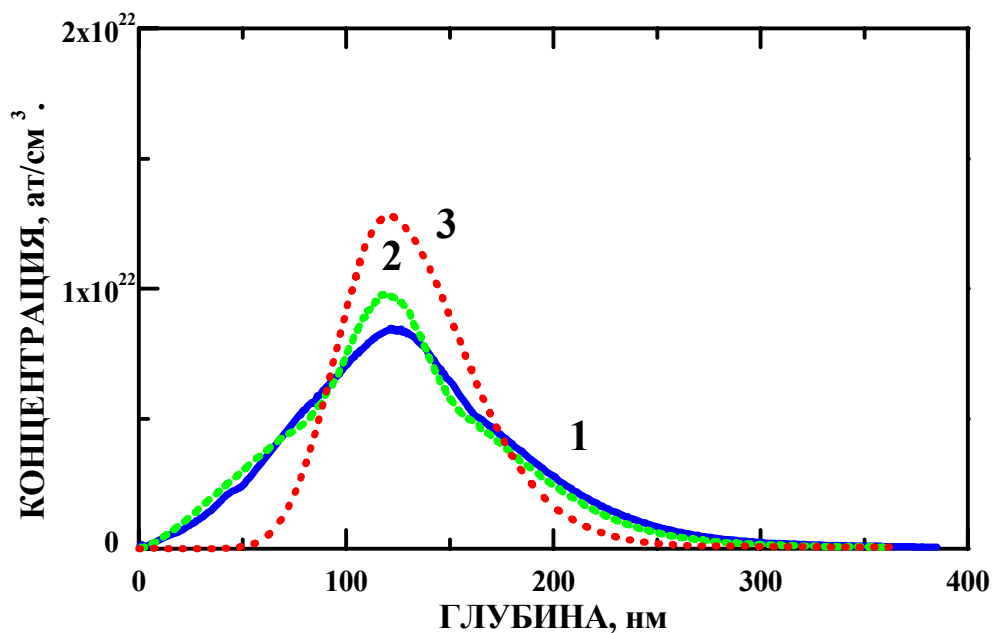


Рис.15. Профили распределения кобальта в кремнии ( $D = 1 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ ,  $E = 180 \text{ кэВ}$ ,  $j = 15 \text{ мкА/см}^2$ ).  
 1 – после имплантации; 2 –  $T=600^\circ\text{C}/60 \text{ мин}$ ; 3 –  $T = 600^\circ\text{C}/60 \text{ мин} + 1000^\circ\text{C}/30 \text{ мин}$ .

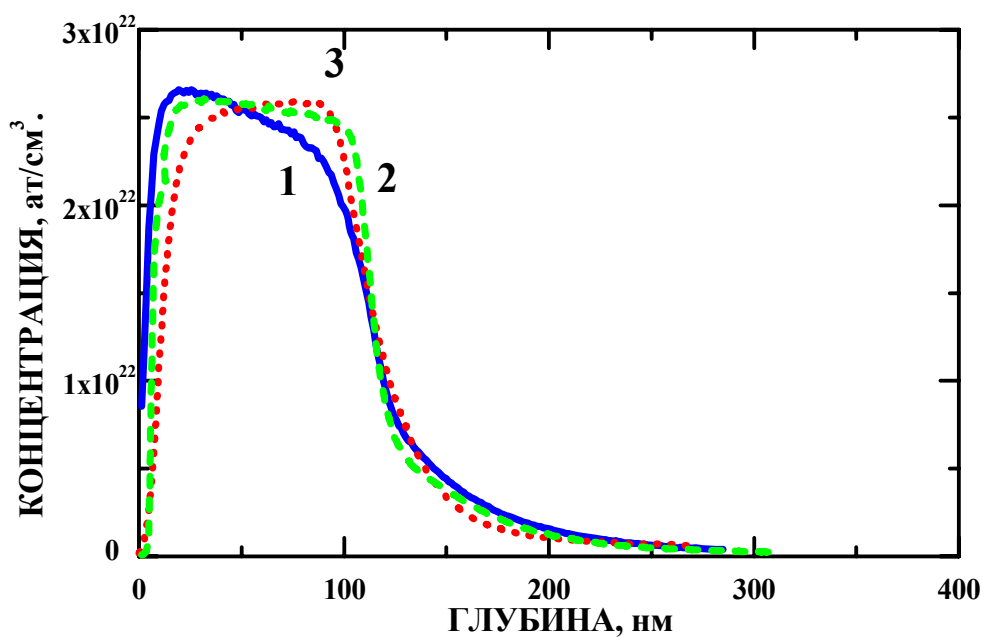


Рис.16. Профили распределения кобальта в кремнии ( $D = 3 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ ,  $E = 180 \text{ кэВ}$ ,  $j = 15 \text{ мкА/см}^2$ ).  
 1 – после имплантации; 2 –  $T=600^\circ\text{C}/60 \text{ мин}$ ; 3 –  $T = 600^\circ\text{C}/60 \text{ мин} + 1000^\circ\text{C}/30 \text{ мин}$ .

**ВЫВОДЫ:** дозы  $1,3 \times 10^{17}$  не позволяют получить хороший, заглубленный слой дисилицида кобальта

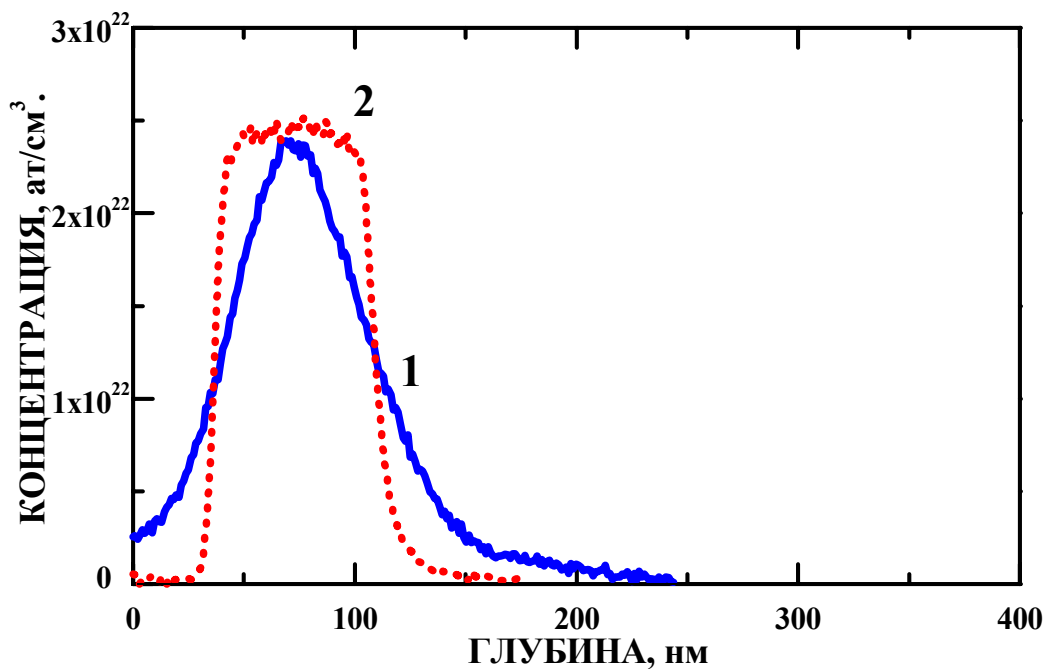


Рис.18. Профили распределения кобальта в кремнии ( $D = 2 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ ,  $E = 180 \text{ кэВ}$ ,  $j = 15 \text{ мкА/см}^2$ ).

1 – после имплантации; 2 –  $T=1000^\circ\text{C}/30 \text{ мин}$

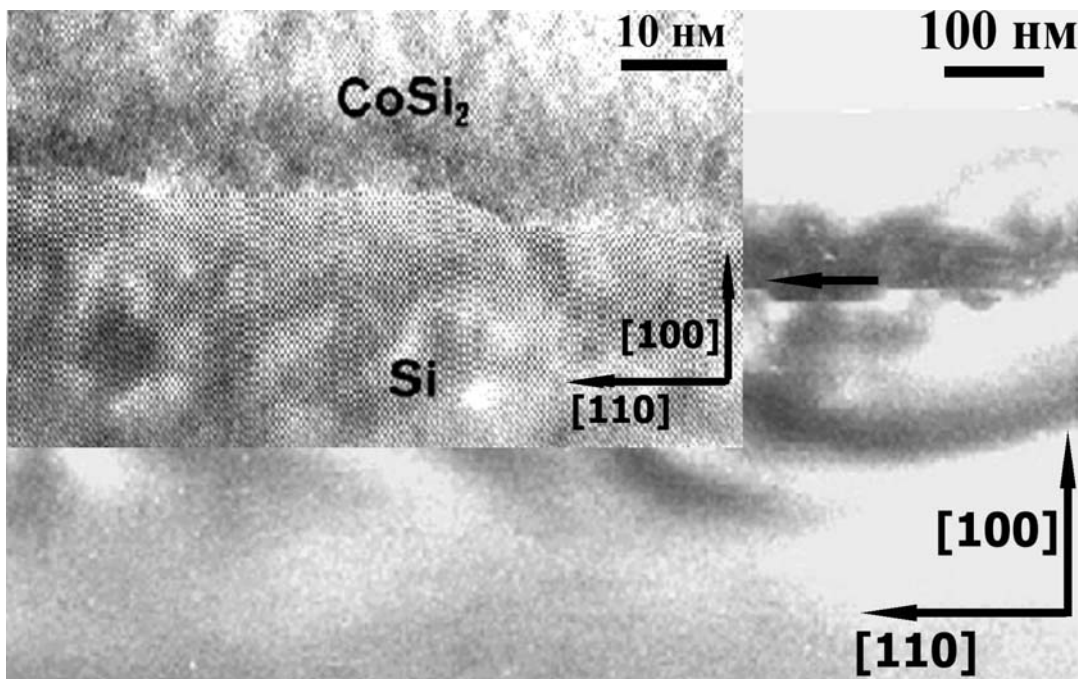


Рис.17. Изображение ПЭМ в “поперечном сечении” образца после отжига  $1000^\circ\text{C}/30 \text{ мин}$  ( $D=3 \times 10^{17} \text{ см}^{-2}$ ,  $J=15 \text{ мкА/см}^2$ ,  $E=180 \text{ кэВ}$ ).

!!!! при дозе облучения  $2 \cdot 10^{17} \text{ ат/см}^2$  и последующем отжиге получился заглубленный слой с четкими межфазными границами !!!!

# АНАЛИЗ ДЕФЕКТОВ

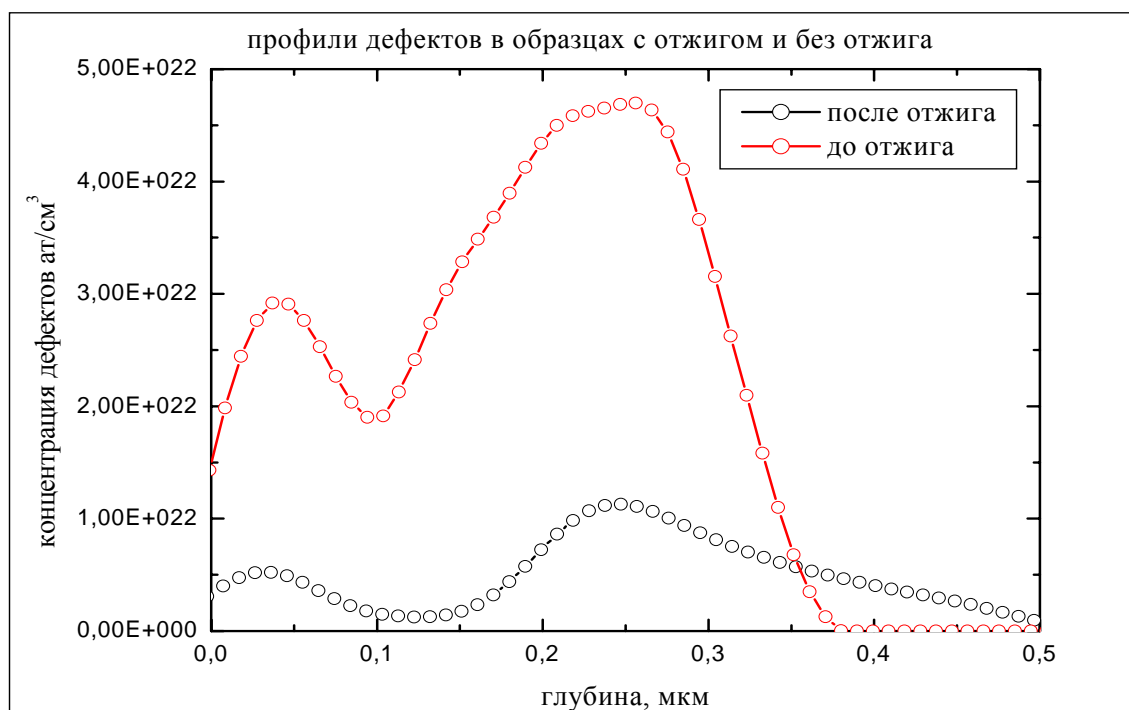


Рис.19. Профили дефектов в кремнии для отожженного и не отожженного образцов.

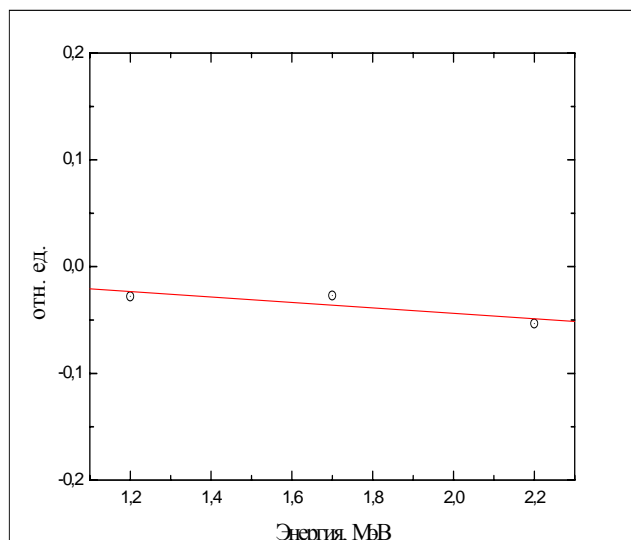


Рис.20. Выход деканалирования на верхней границе.

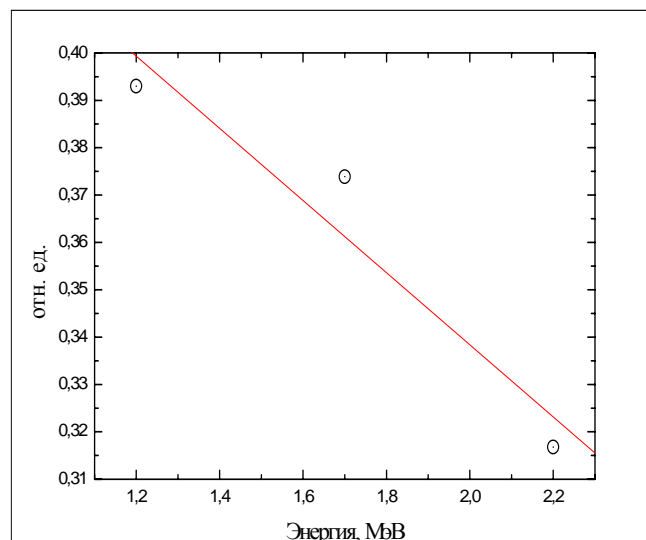


Рис.21. Выход деканалирования на нижней границе.

## ДЕФЕКТЫ УПАКОВКИ

## ТОЧЕЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ

**Выводы:** после отжига дефектность слоя уменьшается, на дальней границе раздела дефектов больше, чем на ближней, Со садится в узлы решетки. Типы дефектов в Si(100)отличаются от дефектов в Si(111).