

Белорусский государственный университет  
Факультет радиофизики и электроники  
Кафедра физической электроники

*Структурно-фазовые  
характеристики силицидных  
соединений для диодов Шоттки*

Студента 4-его курса  
Конопляника И.В.

Руководитель:

доктор ф.-м. наук, профессор КОМАРОВ Ф.Ф.

# Виды силицидов

Силициды (от лат. *Silicium* — кремний) - химические соединения кремния с металлами и некоторыми неметаллами.

Основные группы силицидов:

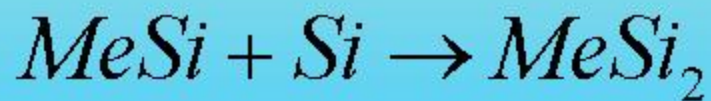
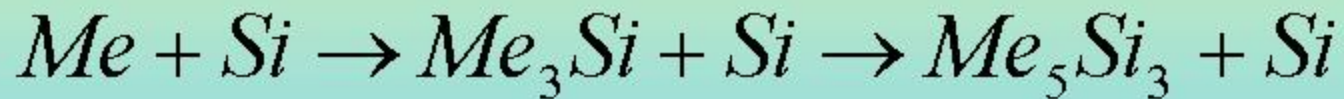
- ионно-ковалентные;
- ковалентные;
- металлоподобные.

# Методы формирования силицидов

## Основные методы:

- восстановление из окислов;
- насыщение кремния из жидких фаз, содержащих кремний;
- осаждение из газовых сред;
- газопламенные методы;
- непосредственный контакт металла и кремния (“MBR 603”, “SNOL”).

Стадии силицидообразования: 1 – доставка кремния к поверхности металла; 2 – диффузия кремния сначала в металл, затем через слой химического соединения; 3 – образование соединения на внутренней границе раздела между металлом и силицидом.



$$\frac{1}{\tau} = Ke^{-\frac{Q}{RT}}$$

где  $Q$  – энергия активации при диффузионном образовании фазы;  $\tau$  - время образования силициды;  $T$  – температура реакции.

Таблица 1.

Силициды	Растворяющие жидкости	Нерастворяющие жидкости
TiSi <sub>2</sub>	Водные растворы щелочей, все неорганические кислоты (за исключением HF), царская водка, смесь H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	HF – содержащие растворы
WSi <sub>2</sub>	Неорганические кислоты, царская водка	HF+ HNO <sub>3</sub>
CoSi <sub>2</sub>	Азотная, серная и фосфорная кислоты, смесь H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	HF – содержащие растворы, концентрированная кипящая HCl, концентрированные водные растворы щелочей
NiSi <sub>2</sub>	То же	HF – содержащие растворы
PtSi	Царская водка, HCl, HNO <sub>3</sub> , H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	HF+ HNO <sub>3</sub> (слабая растворимость)
PdSi	То же, за исключением HNO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub> , HF+ HNO <sub>3</sub>



# Применение силицидов

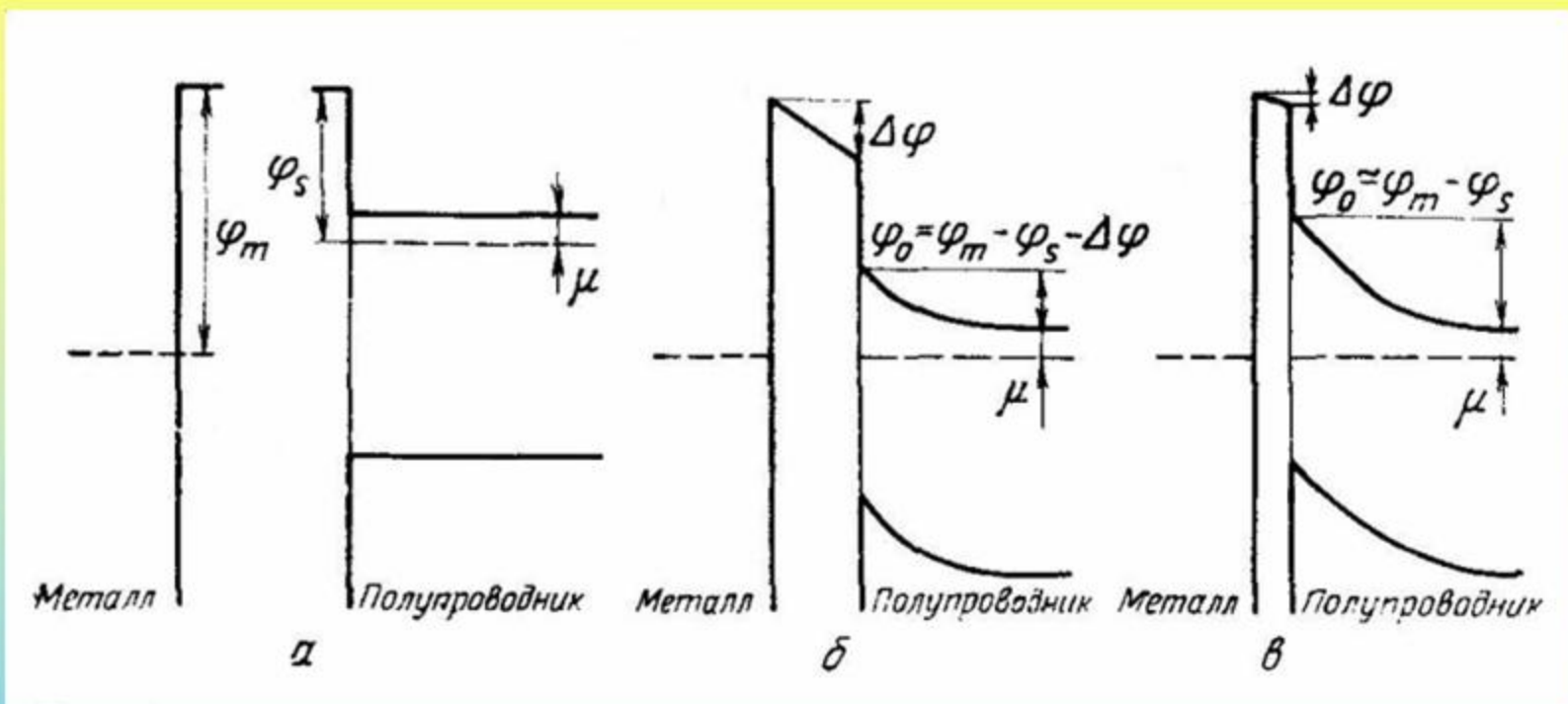


1 – ИК – объектив; 2 – матрица ИК-фотоприемников; 3 – блок охлаждения или термостабилизации матрицы; 4 – предусилители; 5 – мультиплексор; 6 – аналоговый корректор неоднородности сигналов; 7 – аналого-цифровой преобразователь; 8 – цифровой корректор неоднородности сигналов; 9 – корректор неработающих элементарных фотоприемников матрицы; 10 – блок формирования изображения с микропроцессорной обработкой видеосигнала; 11 – цифровой выход для подключения к персональному компьютеру; 12 – ТВ-монитор; 13 – окулярная система; 14 – тактовый генератор; 15 – первичный источник питания (аккумуляторная батарея).

Таблица 2.

Страна, фирма	Тип матрицы	Рабочая область спектра, мкм	Формат (число пикселей)	Размер пикселя, мкм	Рабочая температура, °К	Температурная чувствительность (NETD), м°К
Германия, AEG Infrared-Module GmbH	PtSi	3 ... 5	256x256	24x24	75	75
США, Hughes	PtSi	3 ... 5	256x256	30x30	40	
США, Boeing Comp.	PtSi	1 ... 5	324x240	30x30	75	60
			486x640	24x24		70
РФ, ЗАО "Матричные технологии"	PtSi	3 ... 5	128x128	27x27	80	30
			256x256	25x25		
			512x512	14x14		

Модель контакта металл-полупроводник.



Различные стадии образования контакта металл-полупроводник

Выравнивание уровней Ферми на контакте приводит к появлению потенциального барьера. Барьер возникает из-за разности работ выхода из металла и полупроводника. В идеальном случае можно заранее рассчитать эту разницу и прогнозировать поведение металла на полупроводнике.

Факторы, влияющие на высоту барьера для различных силицидов :

- работа выхода металла;
- кристаллическая или аморфная структура на границе раздела металл – кремний;
- способность атомов металла, продиффундировавших (через границу раздела) в кремний, действовать как ловушки для электронов или дырок;
- электронная конфигурация внешних оболочек металла.

Таблица 3.

Силицид	PtSi	Pt <sub>2</sub> Si	Ni <sub>2</sub> Si	NiSi	CoSi	Pd <sub>2</sub> Si
$\varphi_B$ , эВ	0,87	0,78	0,7	0,7	0,68	0,74

# Современный рынок диодов Шоттки

# ON Semiconductors.

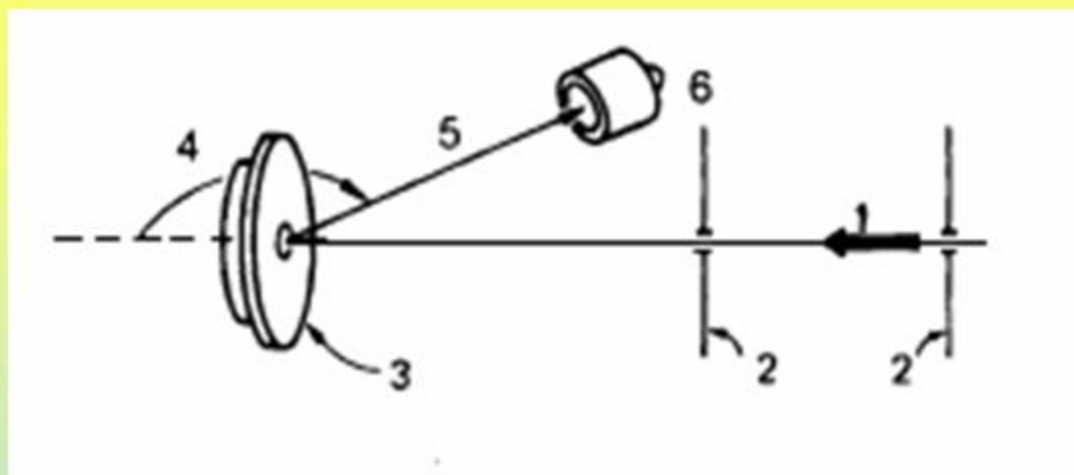
- Обратное напряжение 10 ... 200 В
- Паспортные значения прямого тока 0,5 ... 600 А
- Освоен выпуск нескольких новых типов диодов Шоттки (преимущественно с обратным напряжением 30 В)
- Расширен диапазон технологических возможностей – выпуском 10-вольтовых диодов Шоттки и увеличением разнообразия корпусов (сверхминиатюрные POWERMITE и силовые модули POWERTAPE)
- Модернизирована технология изготовления ряда наиболее популярных диодов Шоттки
- Температурный диапазон: 100, 125 и 150°C , для нового MBR16100CT - 175°C .



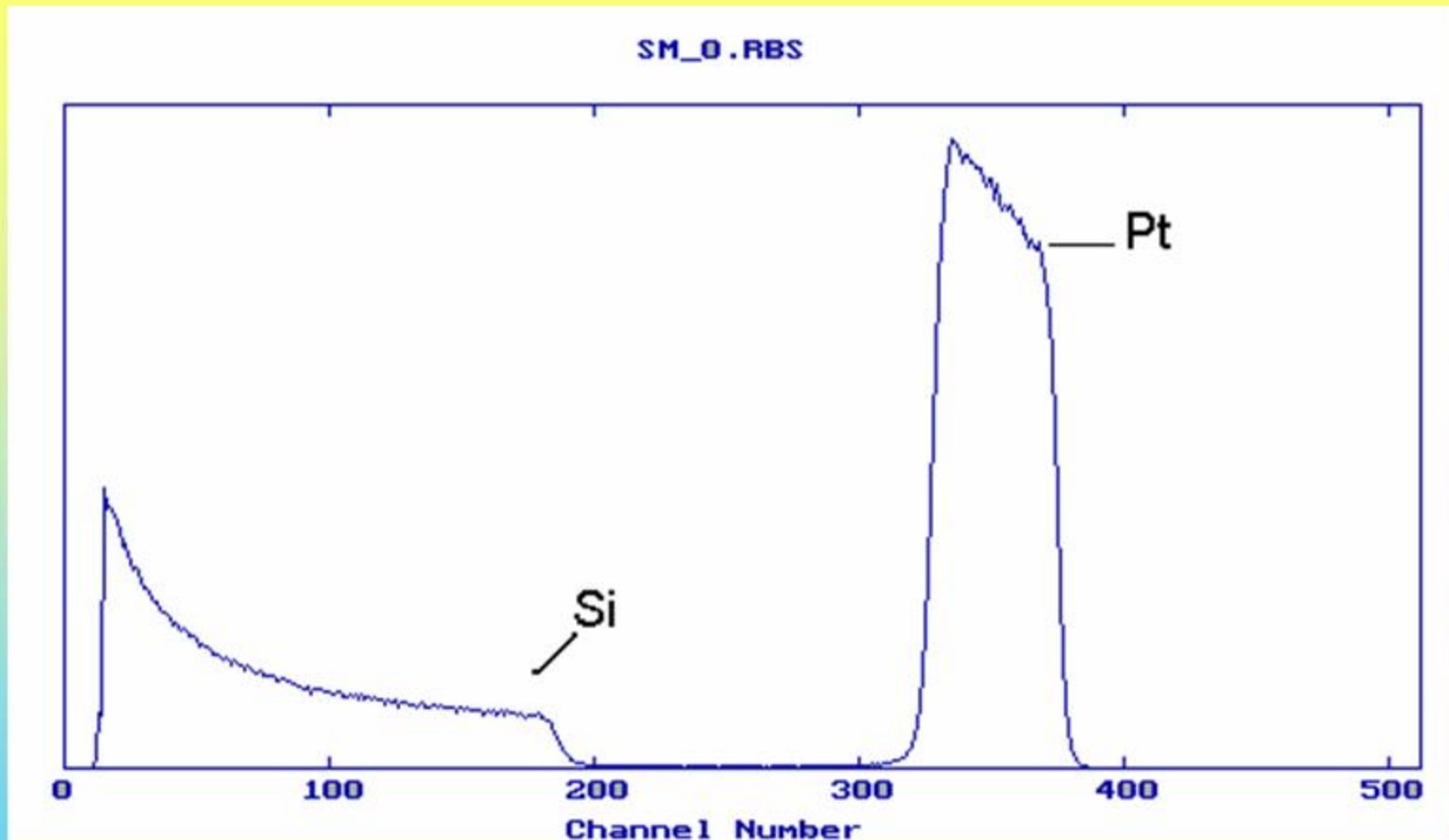
# IXYS Corporation

- Обратное напряжение 8 ... 600 В
- Паспортный ток 6 ... 400 А
- Диоды в стандартных пластиковых корпусах TO-220, TO-247, а также в оригинальных фирменных корпусах – ISOPLUS220, ISOPLUS247 и ISOPLUSi4-PAC
- Диоды с двумя значениями высот барьера: для 45... 600 В диодов барьер 860... 900 мВ (технологический класс «А»); класс «В» - 15... 80 В, 620... 660 мВ. Анонсированы кремниевые диоды двух новых классов – «С» и «D», параметры данных диодов пока не известны.

# Моделирование процесса силицидообразования

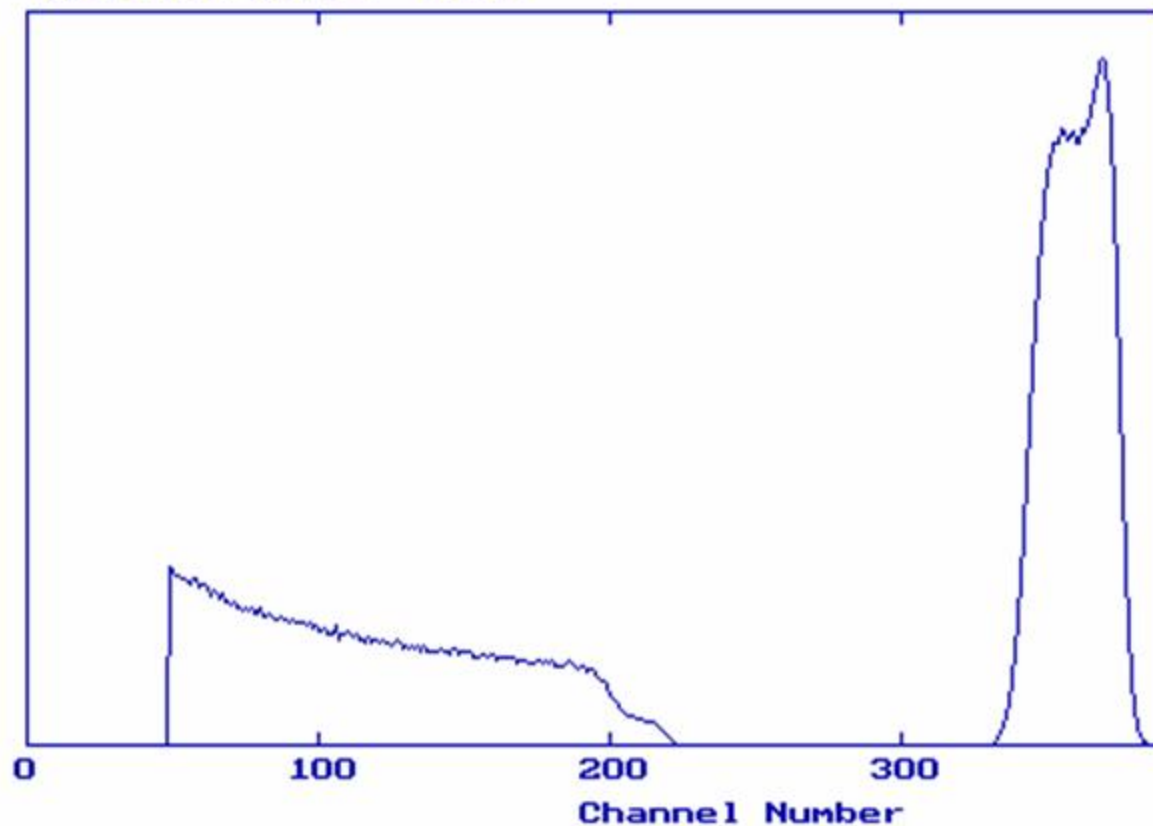


Экспериментальная установка для обратного рассеяния Резерфорда. Коллимированный пучок ионов гелия падает на плоский образец. Частицы Рассеянные под углом  $\theta$ , регистрируются полупроводниковым детектором ядерных частиц. Вся установка должна находиться в вакууме. 1 – пучок ионов He с энергией порядка МэВ; 2 – коллиматоры; 3 – образец; 4 – угол рассеяния  $\theta$ ; 5 – рассеянный пучок; 6 – детектор.



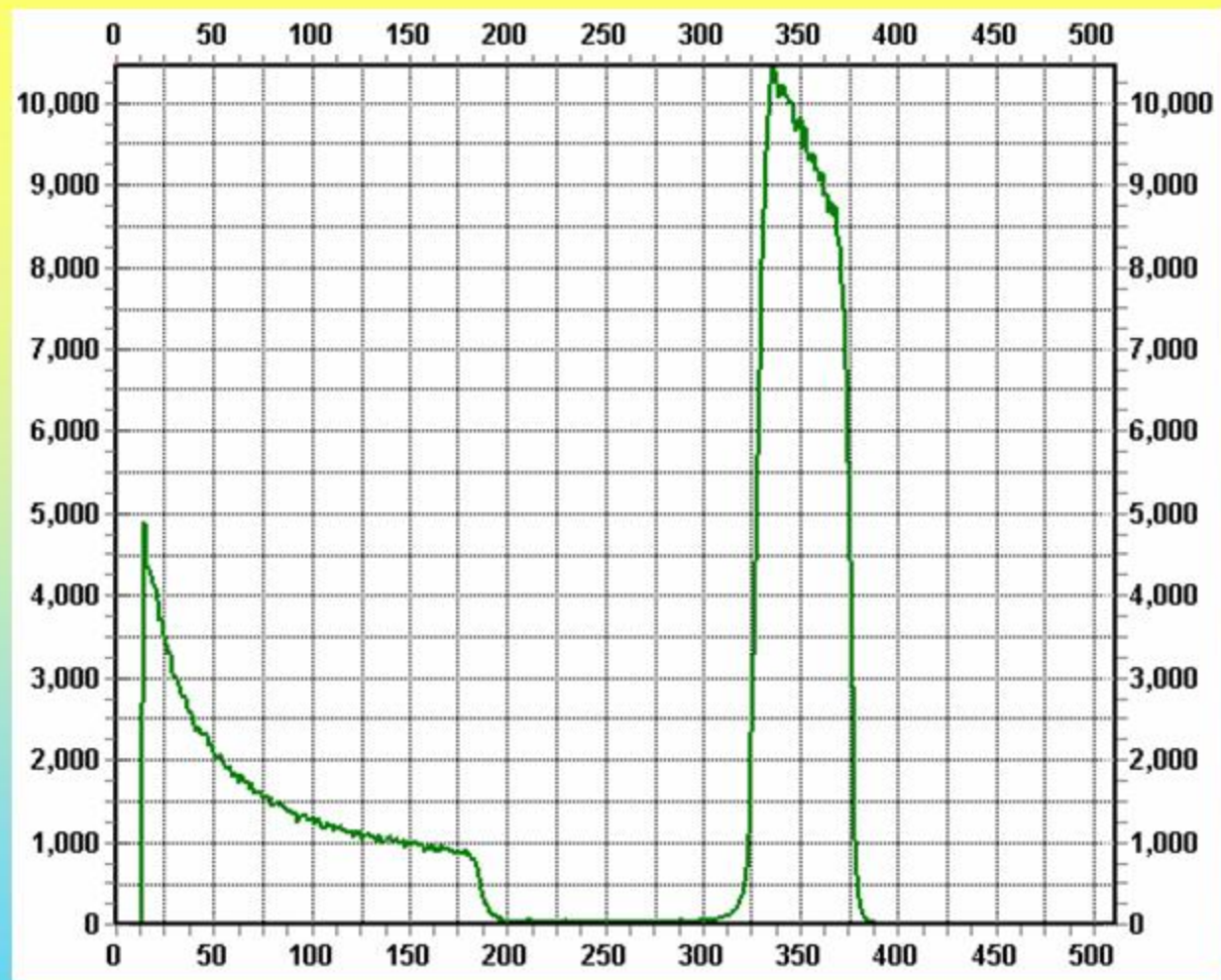
*Исходный образец*

SIMULATED  
Vertical Scale 7000

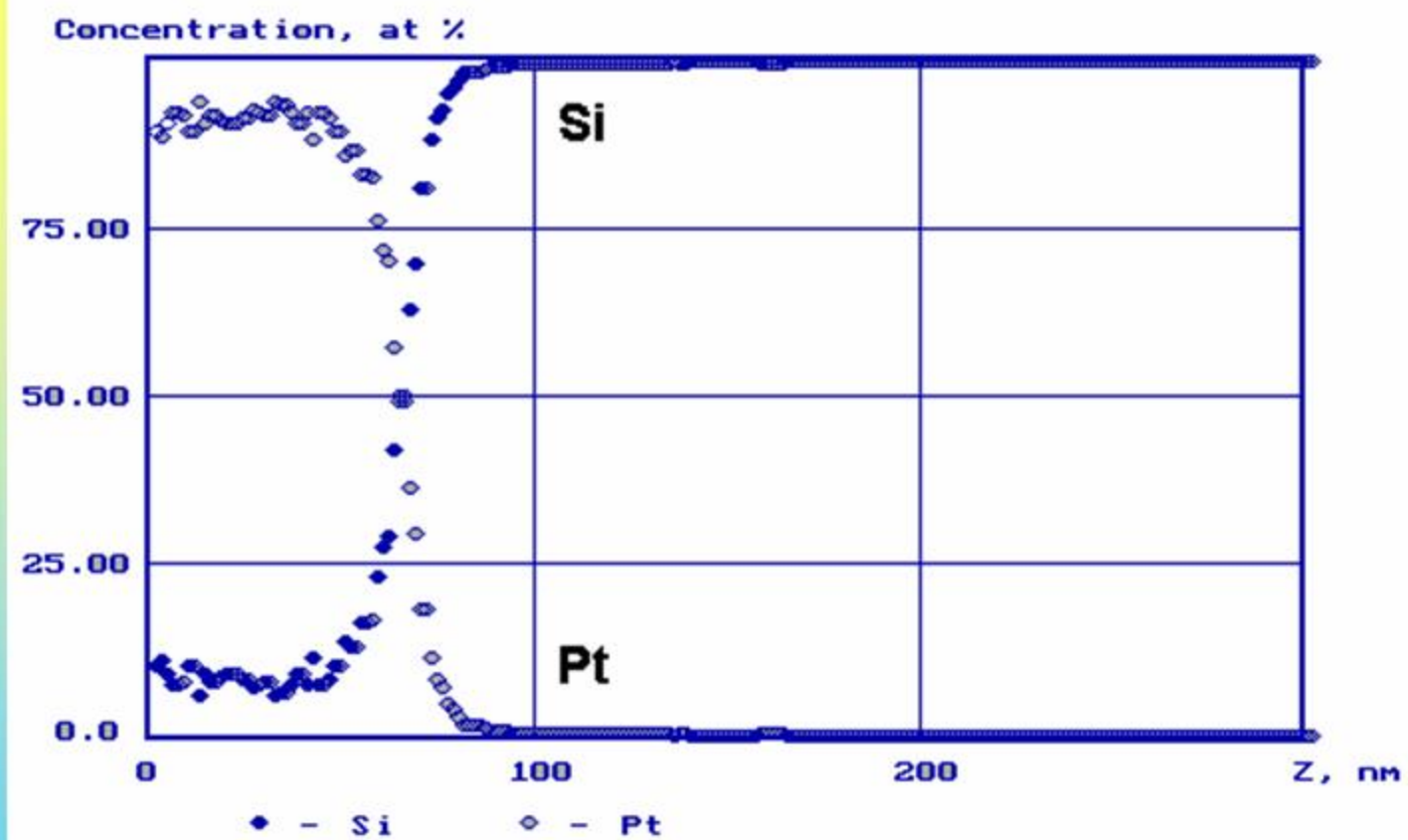


$Pt = 5 \text{ nm}$ ,  $PtSi = 65 \text{ nm}$

## 5. Анализ опытных данных

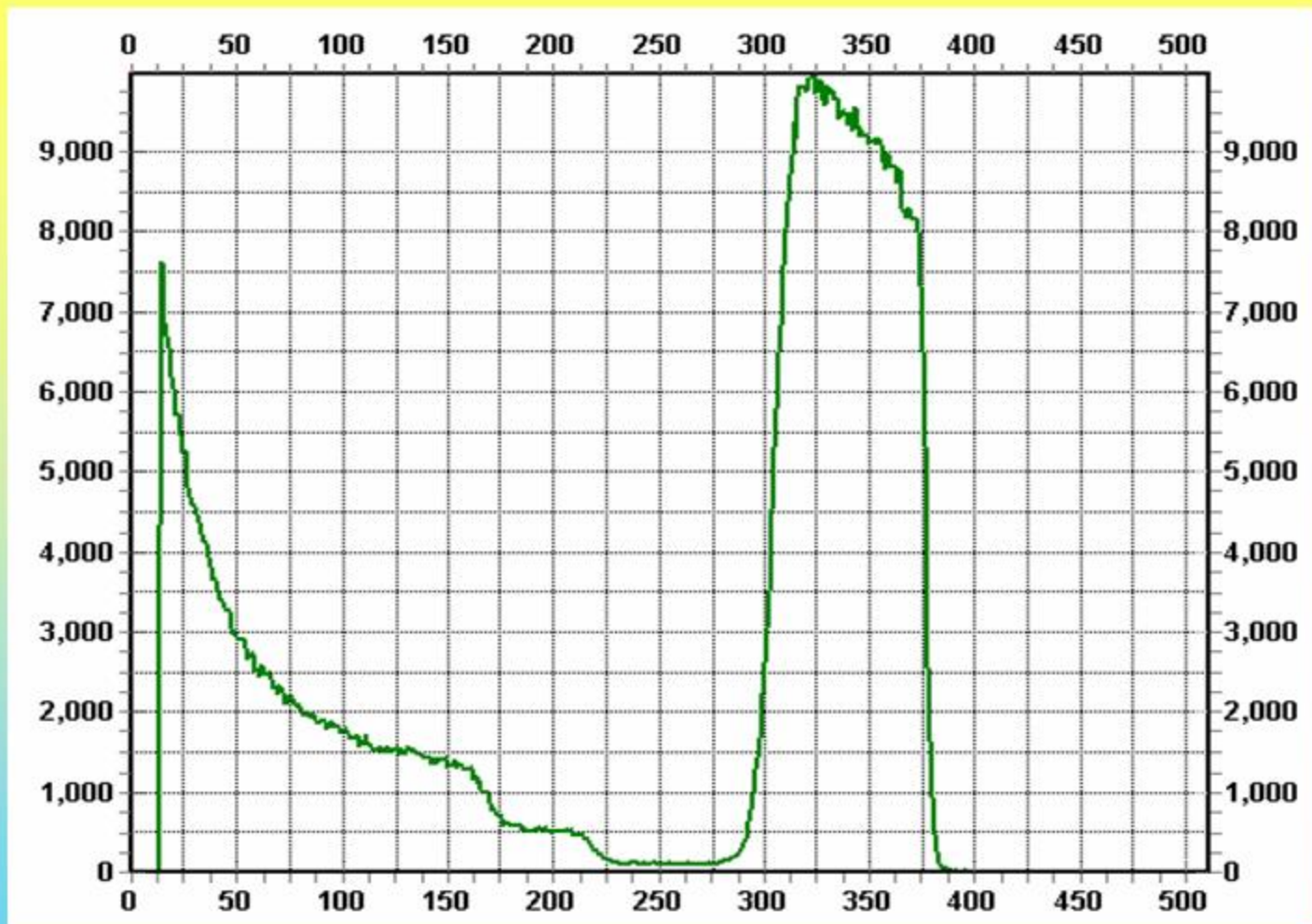


*Исходный образец*

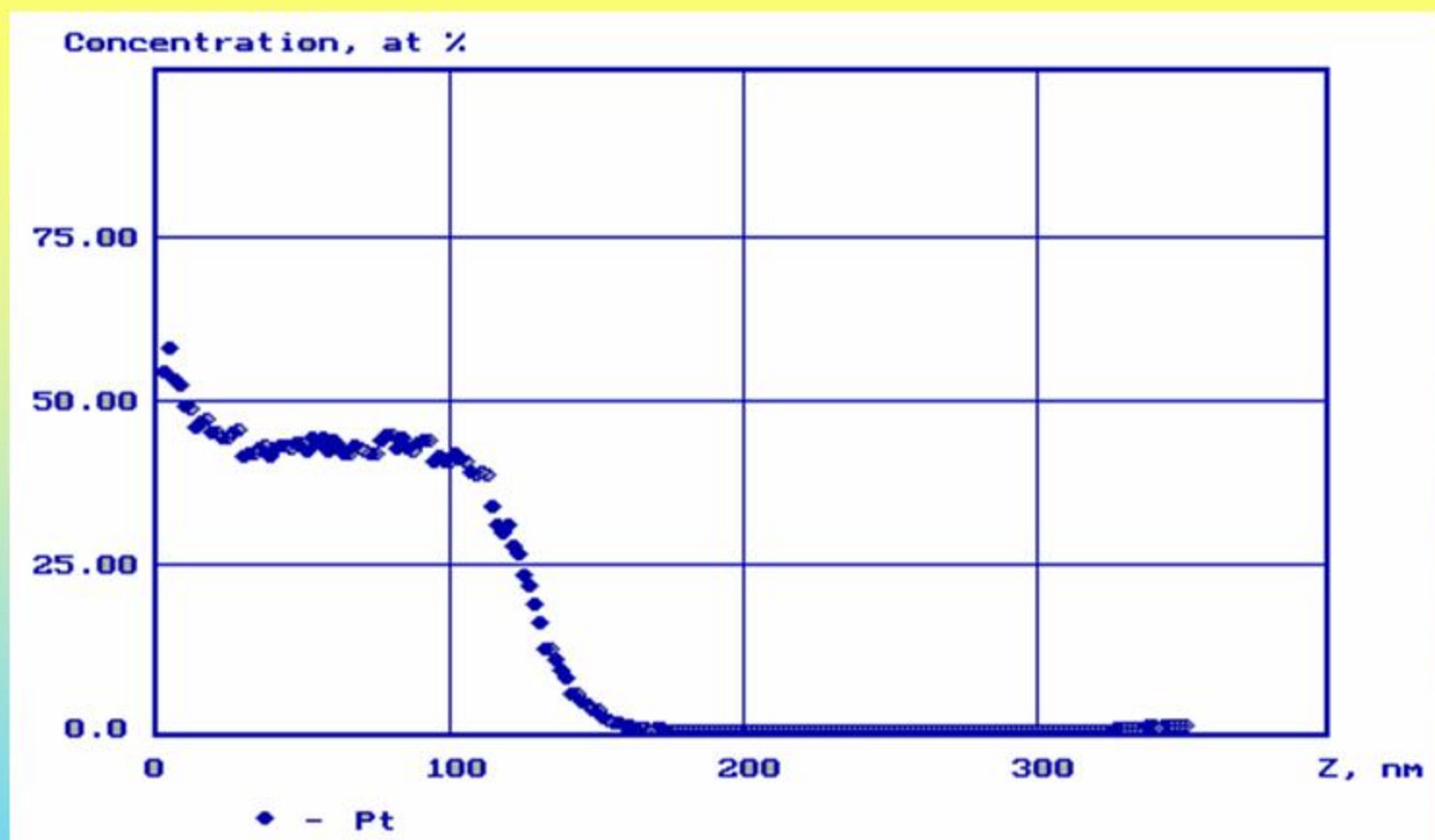


*Концентрационный профиль*

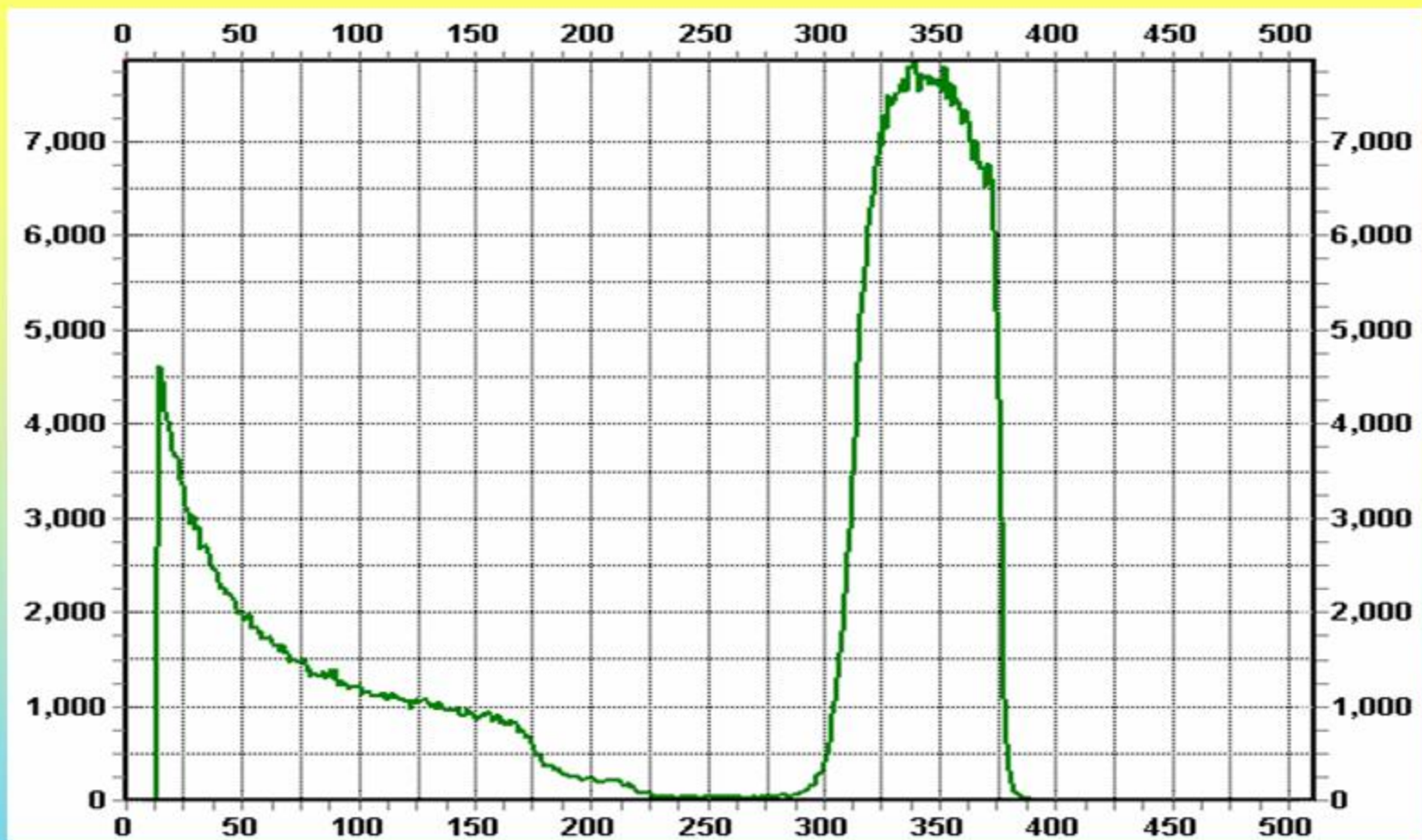




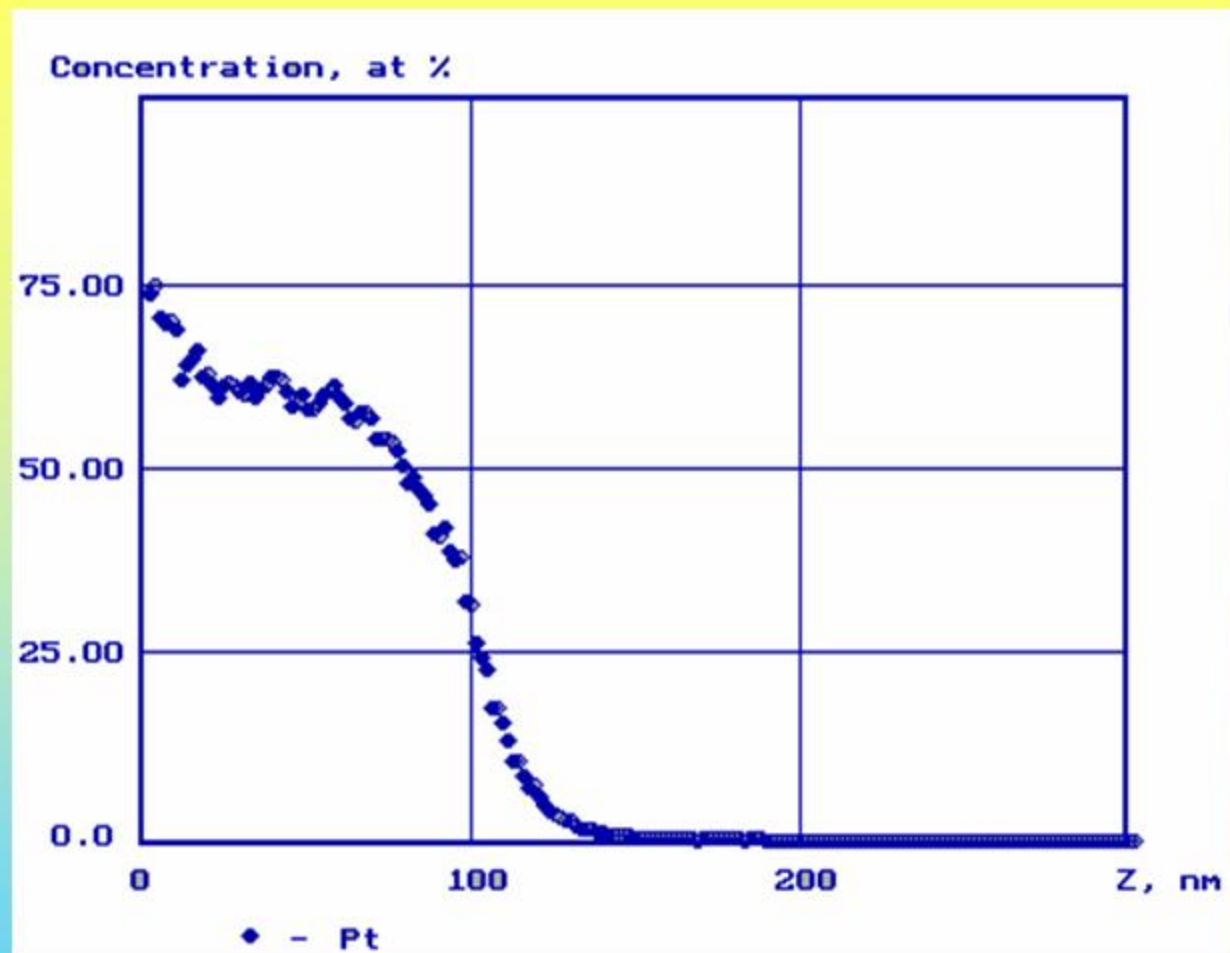
*Полученный спектр после отжига в течении 0,5 часов при температуре в 500 °С (кремний n-типа).*



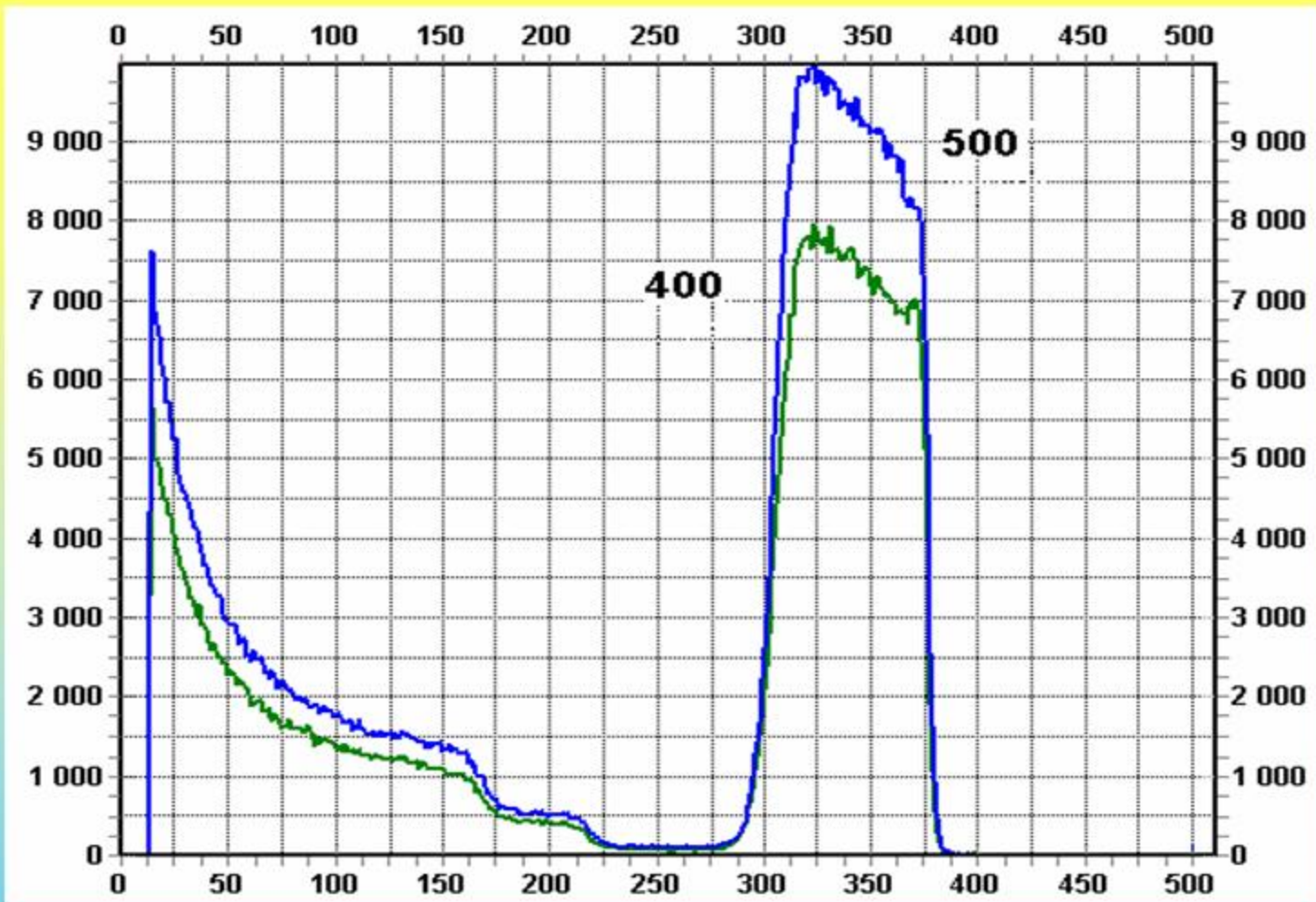
*Концентрационный профиль платины после отжига при 500°C*



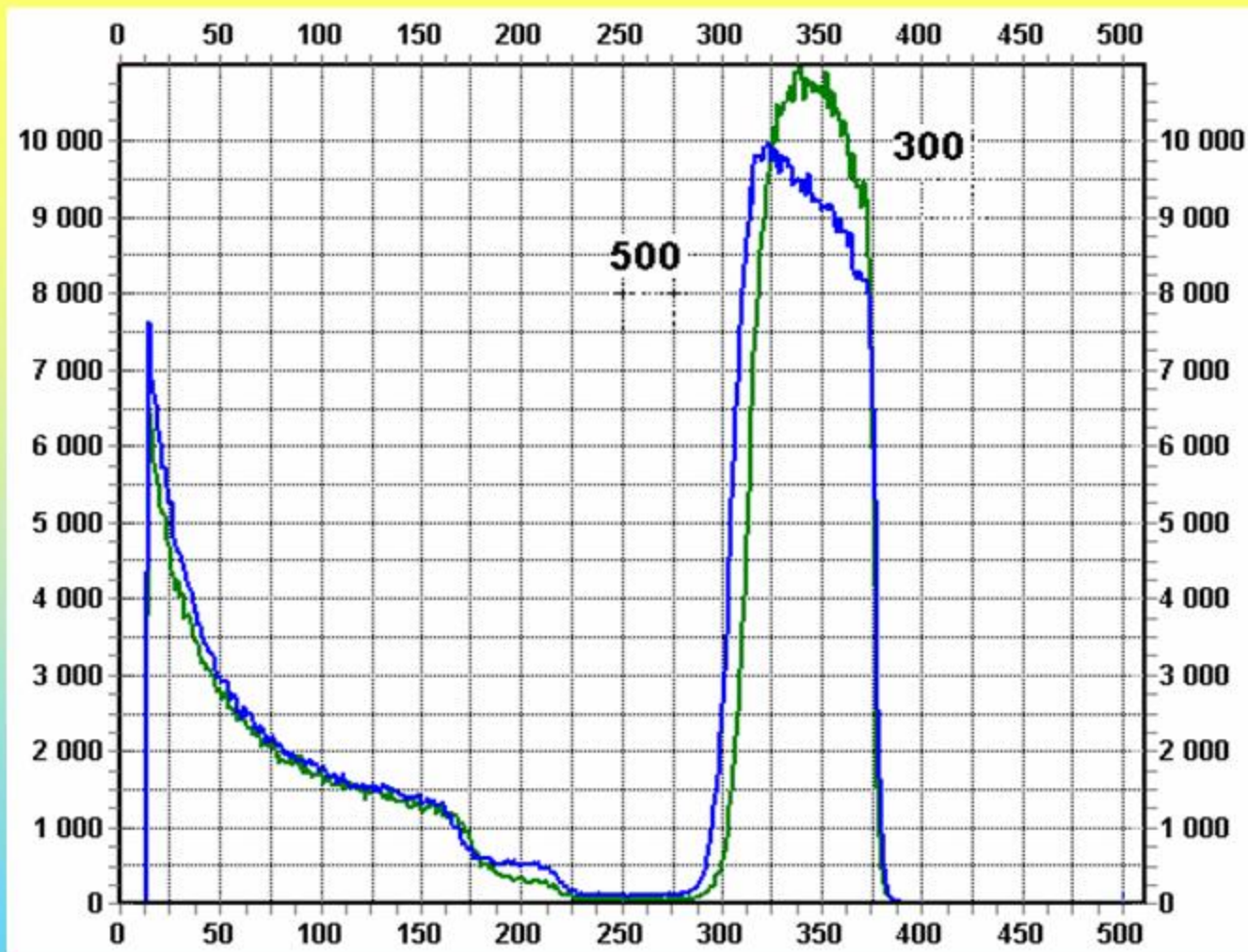
*Полученный спектр после отжига в течении 2 часов при температуре в 300 °С (кремний n-типа).*



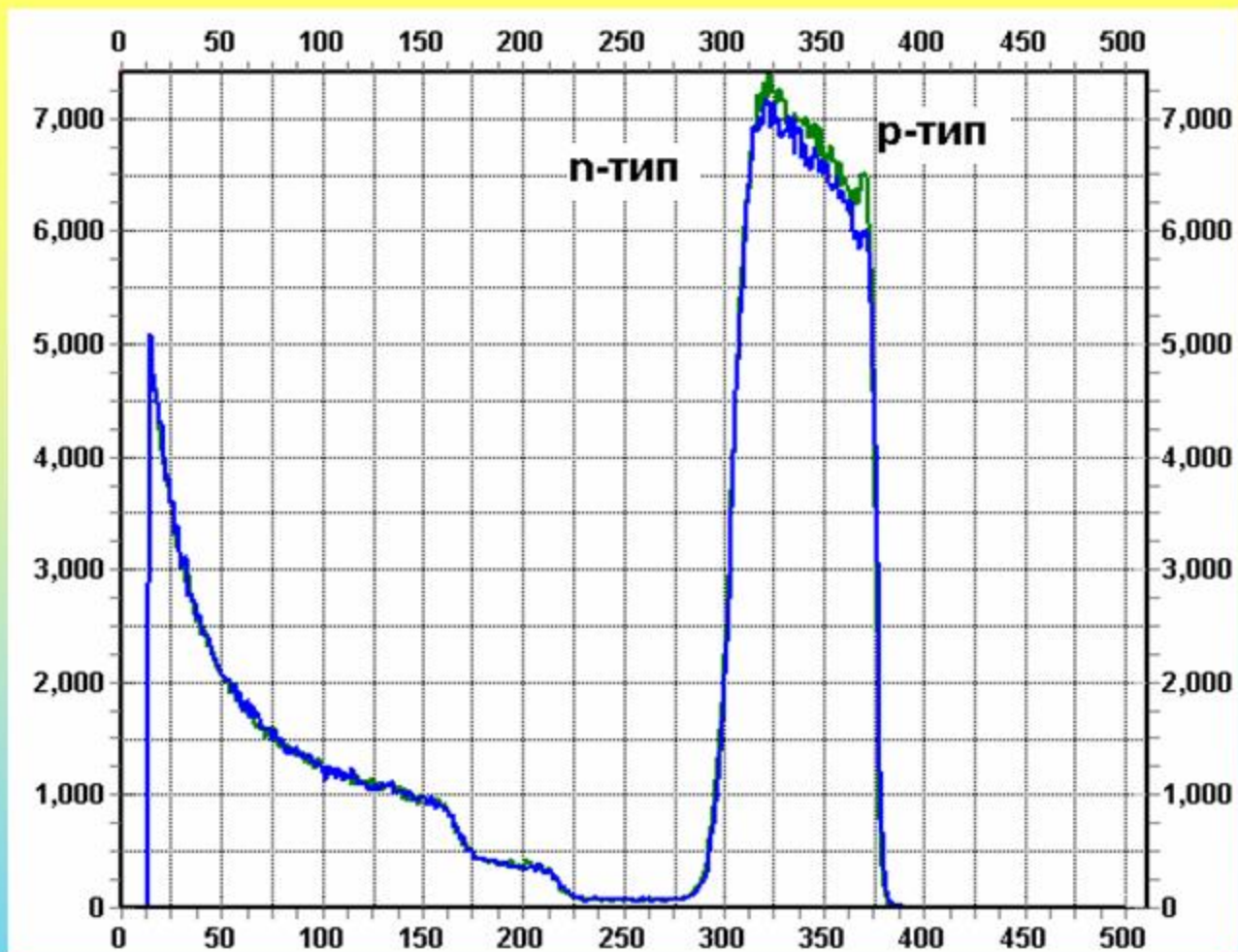
*Концентрационный профиль после отжига при 300°C*



*Наложенные спектры при 400 °С и 500 °С.*



*Наложенные спектры при 300°C и 500°C*



*Наложенные спектры при 400 °С (кремний р- и n-типа).*

Резюмируя:

- толщина плёнки увеличилась примерно в 2 раза, что согласуется с теорией (1,98)
- нет принципиальной разницы в формировании силицида на *n*- или *p*- типа кремнии
- процесс силицидообразования идёт при 300°C
- не 100% выход от образца связан с шумами
- ниша на рынке



**Благодарю за внимание**