



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Факультет физики, кафедра «Квантовые технологии» при ИОФ им. А.М. Прохорова

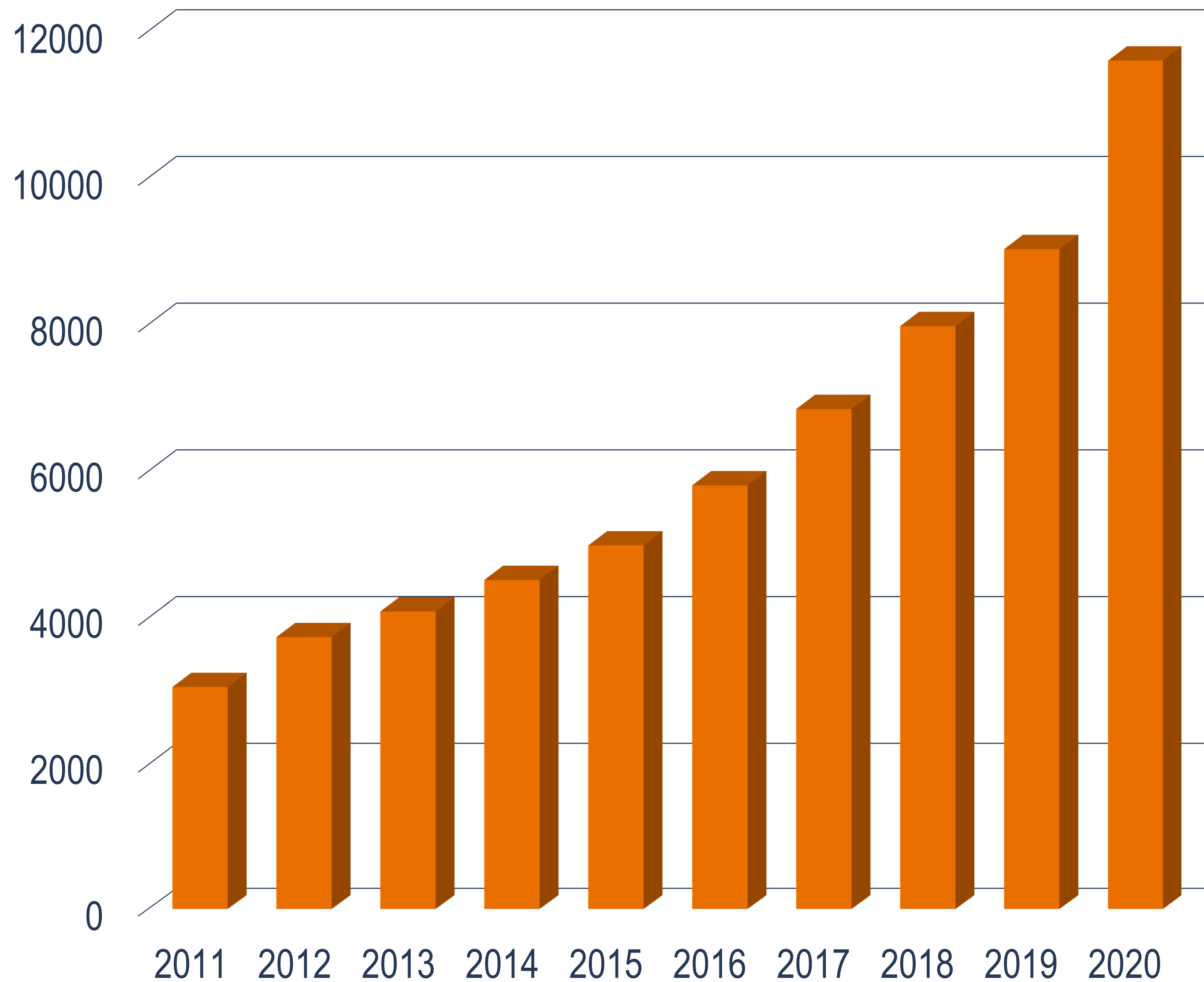
СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ТОНКОЙ ПЛЕНКИ ЙОДИДА НИКЕЛЯ, СИНТЕЗИРОВАННОЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НИКЕЛЯ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ МОЛЕКУЛЯРНОГО ЙОДА В СВЕРХВЫСОКОМ ВАКУУМЕ

Студент: Порядин Андрей Иванович

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Андрюшечкин Борис Владимирович

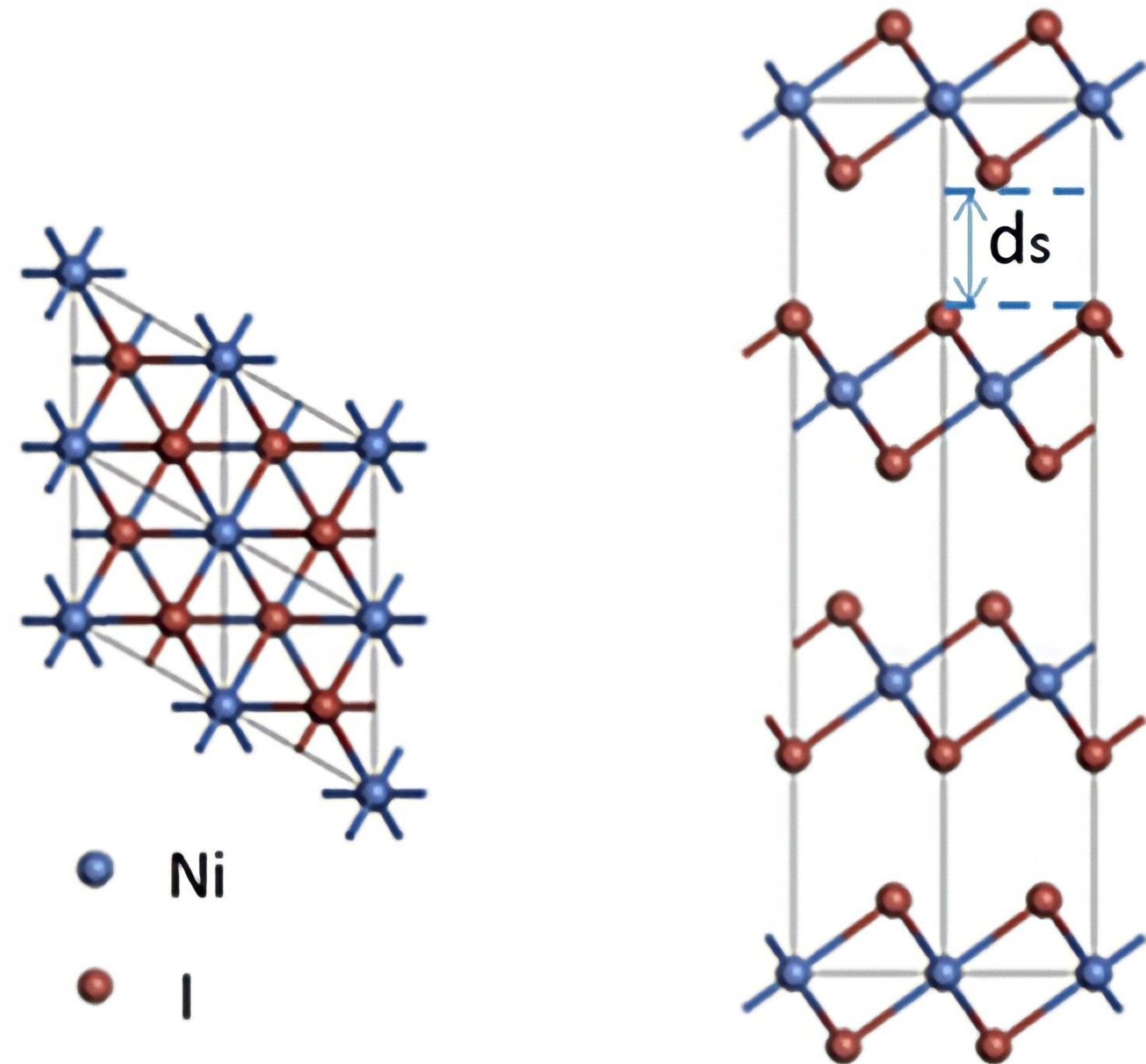
АКТУАЛЬНОСТЬ

На рисунке справа изображено количество публикаций с упоминанием двумерных магнитных Ван-дер-ваальсовых материалов за последние десять лет (по данным Google Scholar).



ЦЕЛЬ

Целью настоящего исследования является синтез и изучение структурных свойств 2D пленки йодида никеля (NiI_2), сформированной на поверхности поликристаллического никеля в результате адсорбции молекулярного йода в условиях сверхвысокого вакуума.



Кристалл галогенида никеля а) вид сверху и б) вид сбоку.

[1] Lu, M.; Yao, Q.; Xiao, C.; Huang, C.; Kan, E. Mechanical, electronic, and magnetic properties of NiX_2 ($X = Cl, Br, I$) layers. *ACS Omega* 2019, 4, 5714–5721.

ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

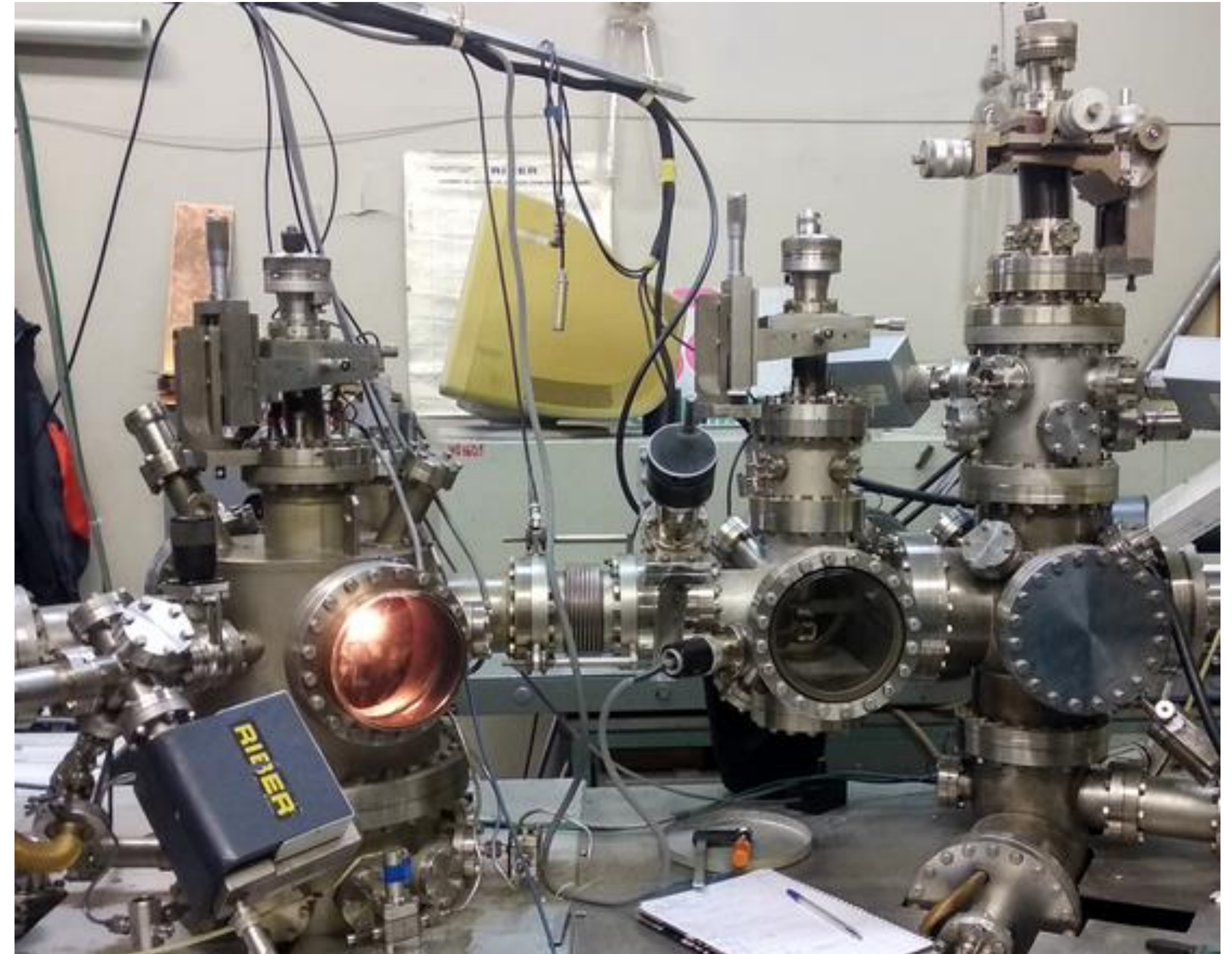
1. Изучить техническую базу и методологию выполнения работ по синтезу двумерных материалов на поликристаллической основе;
2. Подготовить сверхвысоковакуумную установку для синтеза NiI_2 ;
3. Подобрать параметры очистки подложки и проанализировать состояние поверхности методами электронной оже-спектроскопии (ЭОС) и дифракции медленных электронов (ДМЭ);
4. Проанализировать и при необходимости реструктуризировать поверхность подложки;
5. Определить условия роста пленки йодида никеля и монослоя йода на поликристаллической подложке;
6. Изучить структурные свойства тонкой пленки йодида никеля.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в сверхвысоковакуумной камере при давлении меньшем чем 10^{-9} Торр.

Основные методы применяемые для изучения поверхности:

- Электронная оже-спектроскопия (ОЭС)
- Дифракция медленных электронов (ДМЭ)
- Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ)

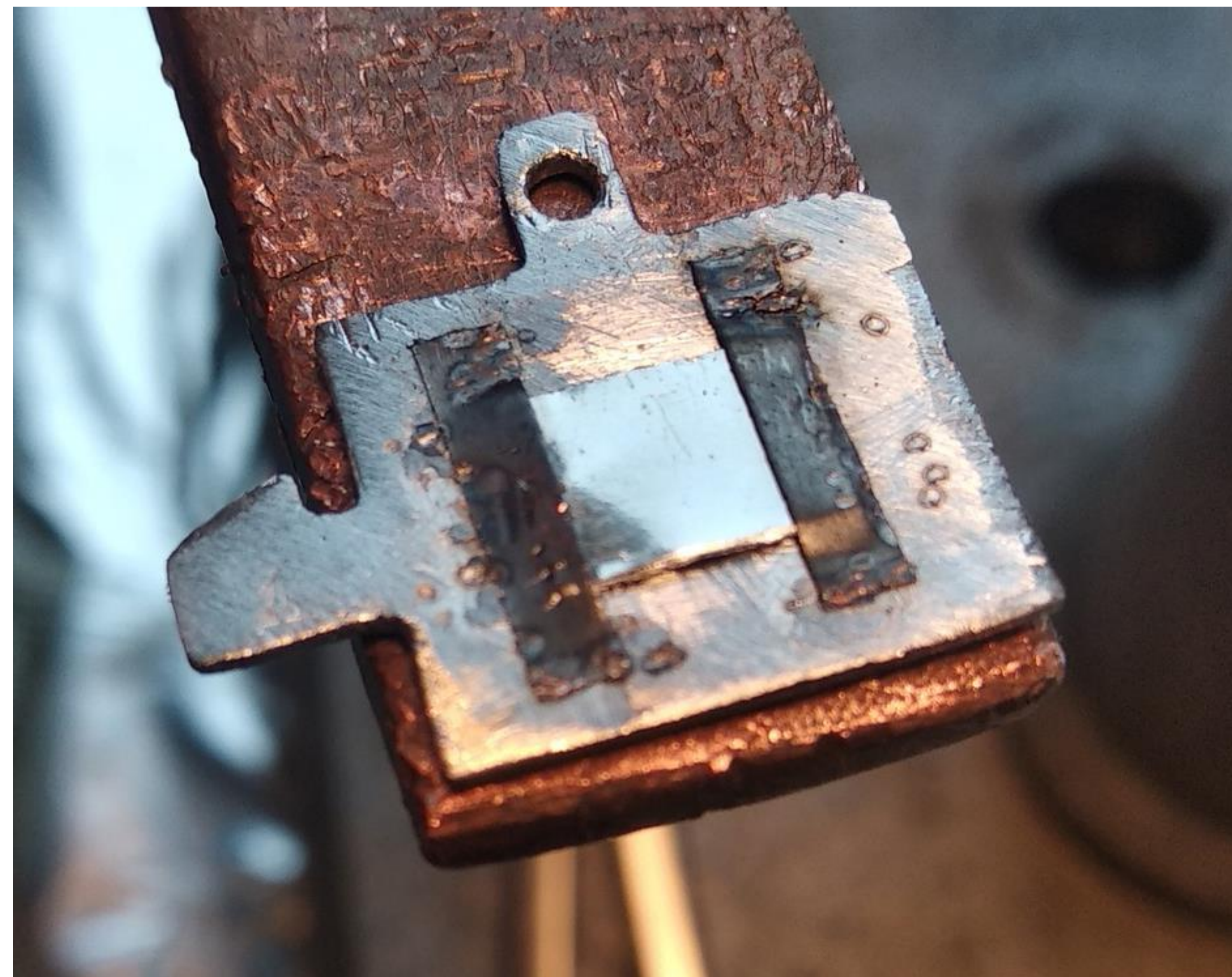


Сверхвысоковакуумная установка

ИСХОДНЫЙ ОБРАЗЕЦ

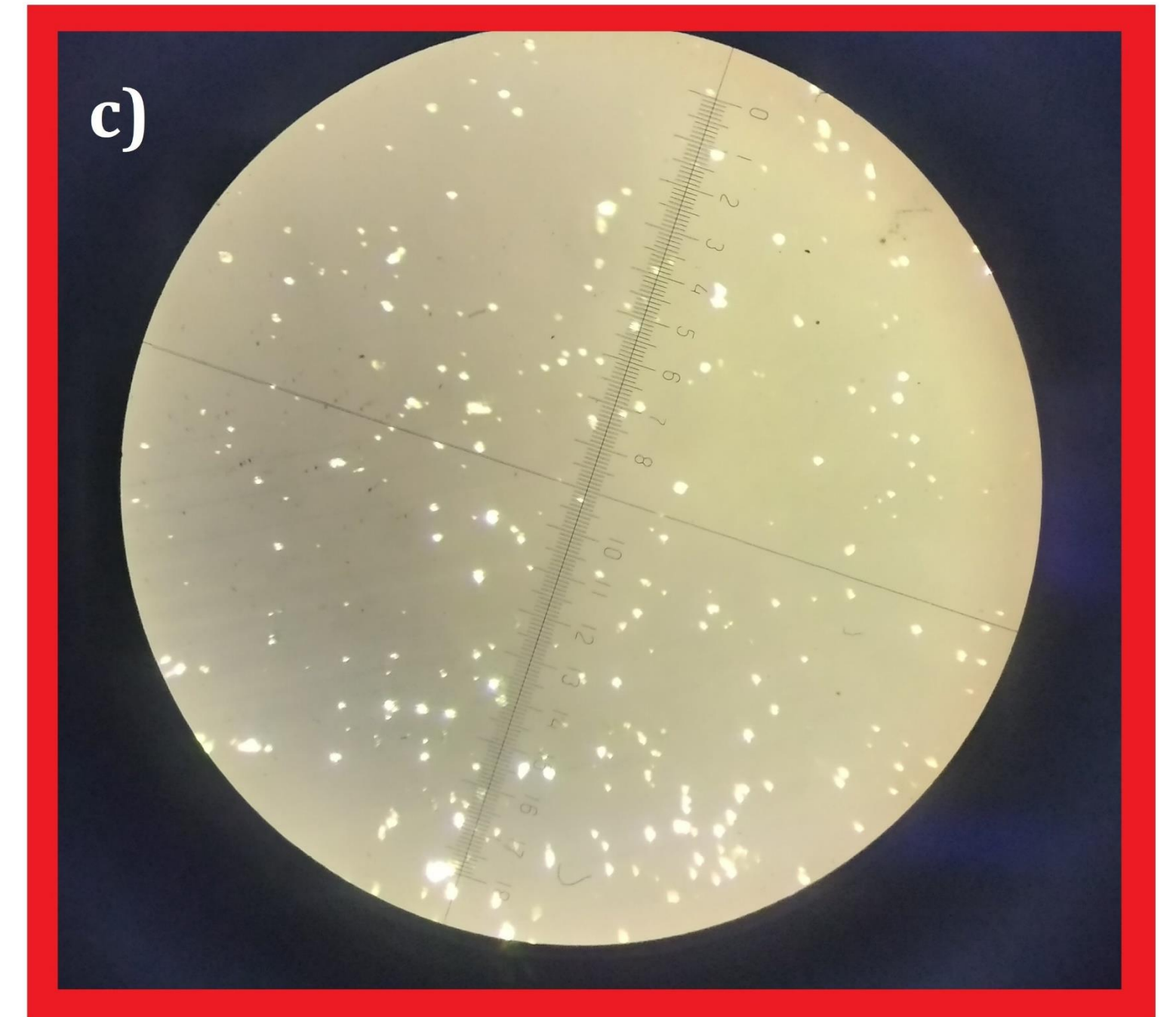
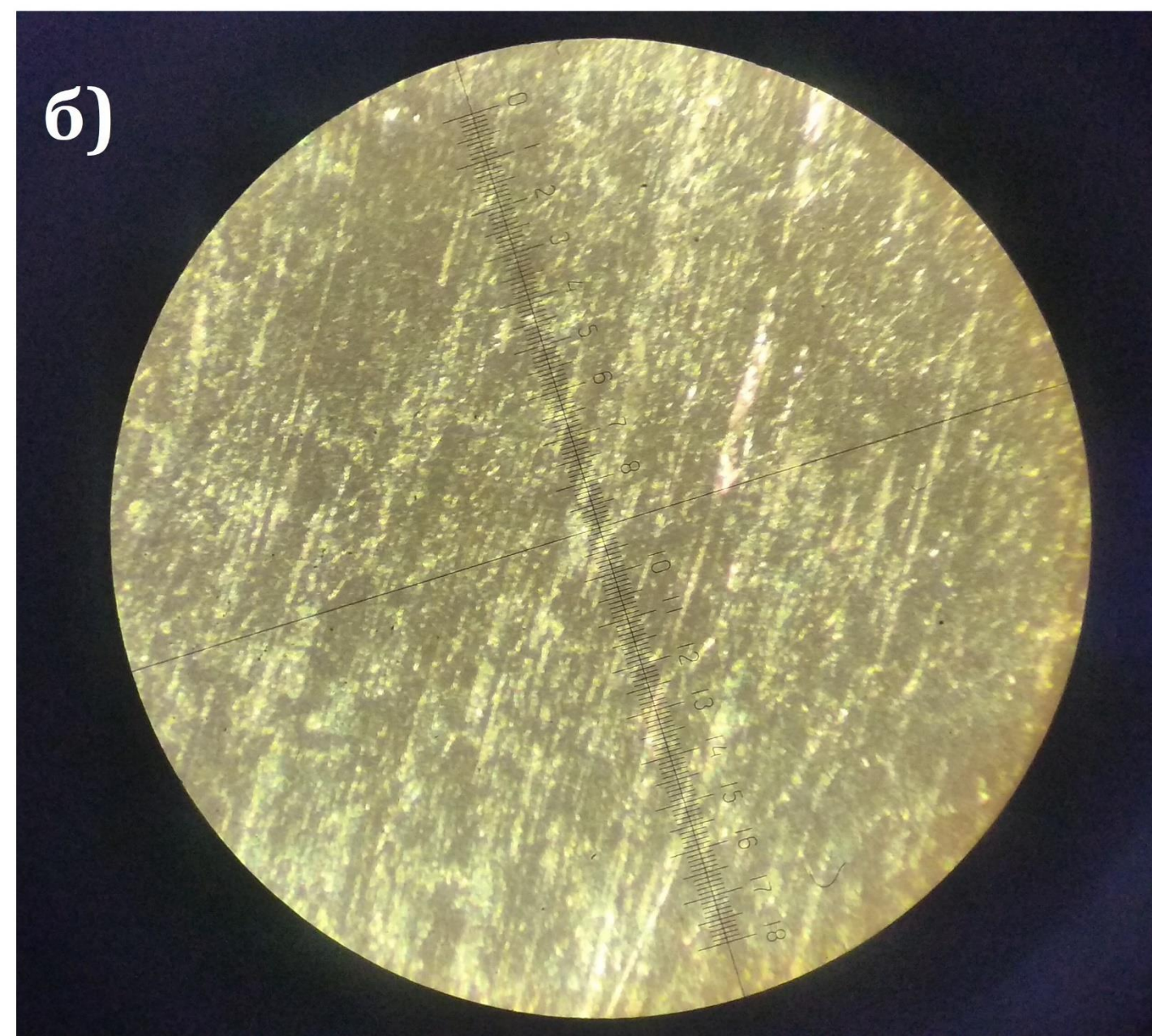
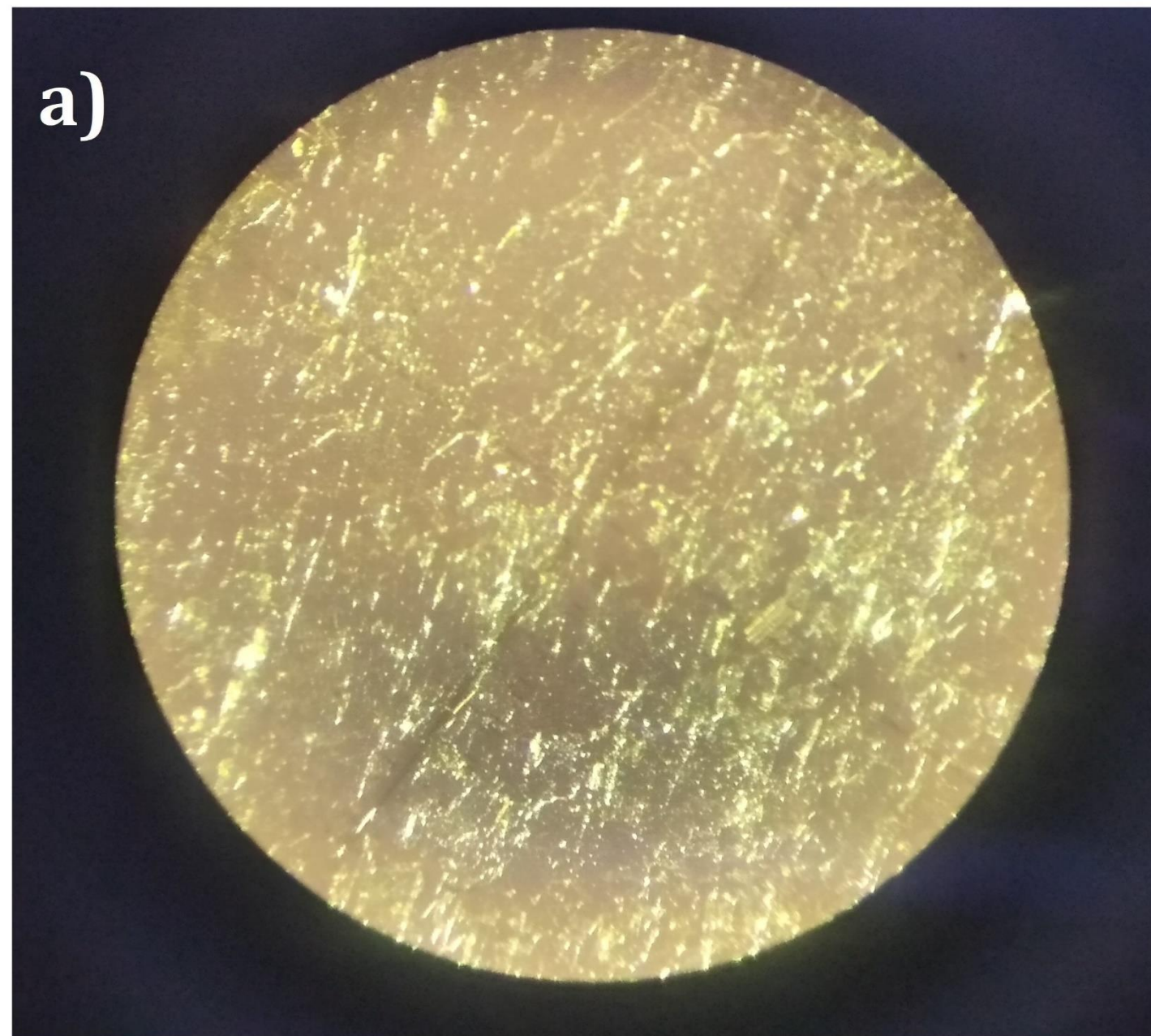
В качестве образца используется поликристаллическая никелевая фольга толщиной 0.25 мм и чистотой в 99.998% Ni.

Данный образец является поликристаллом и на его поверхности содержатся множество различных граней кристалла никеля.



Образец из никелевой фольги, закрепленный на держателе из нержавеющей стали

ИСХОДНЫЙ ОБРАЗЕЦ



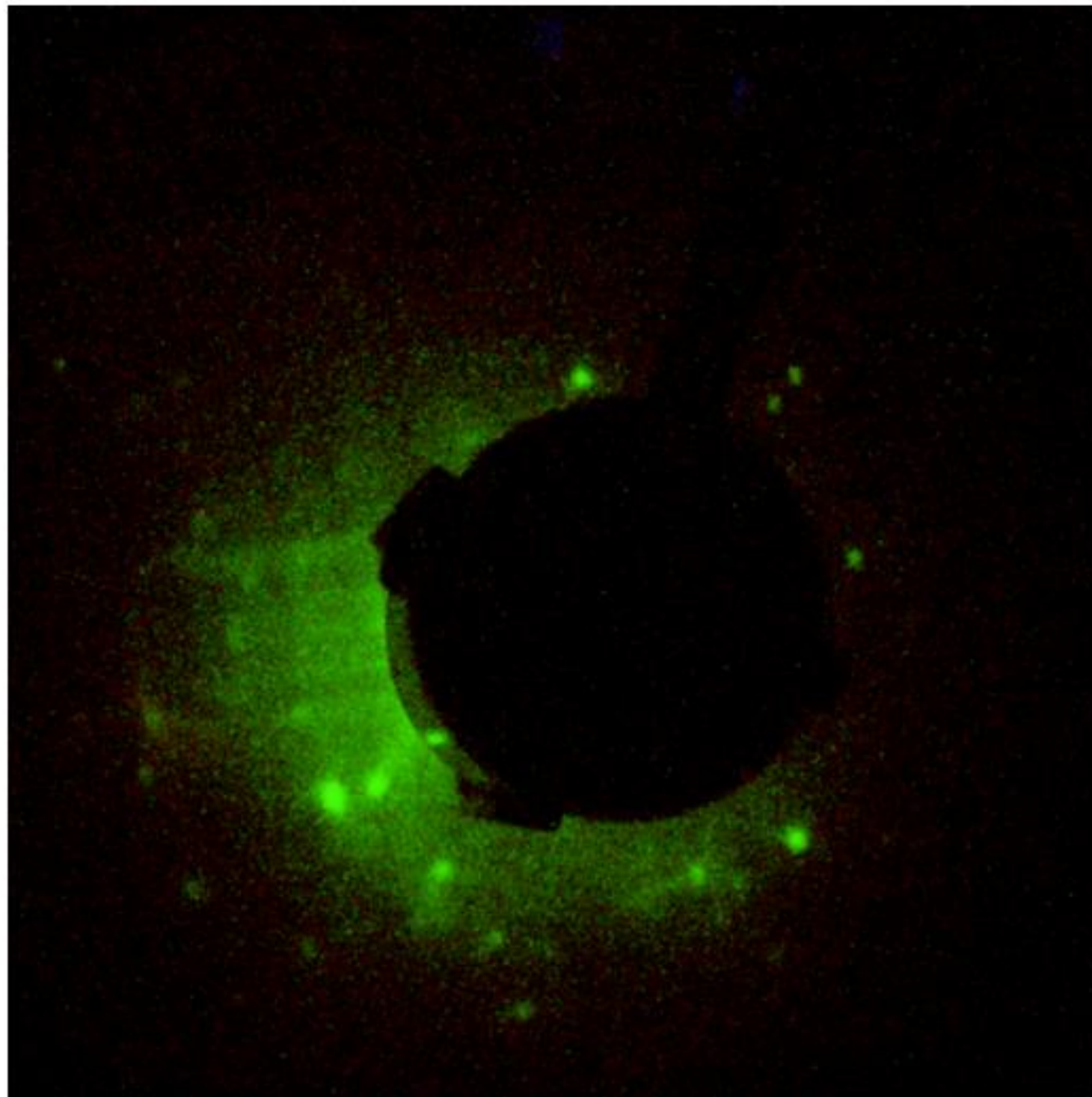
1 мм а) Сторона А

б) Сторона Б

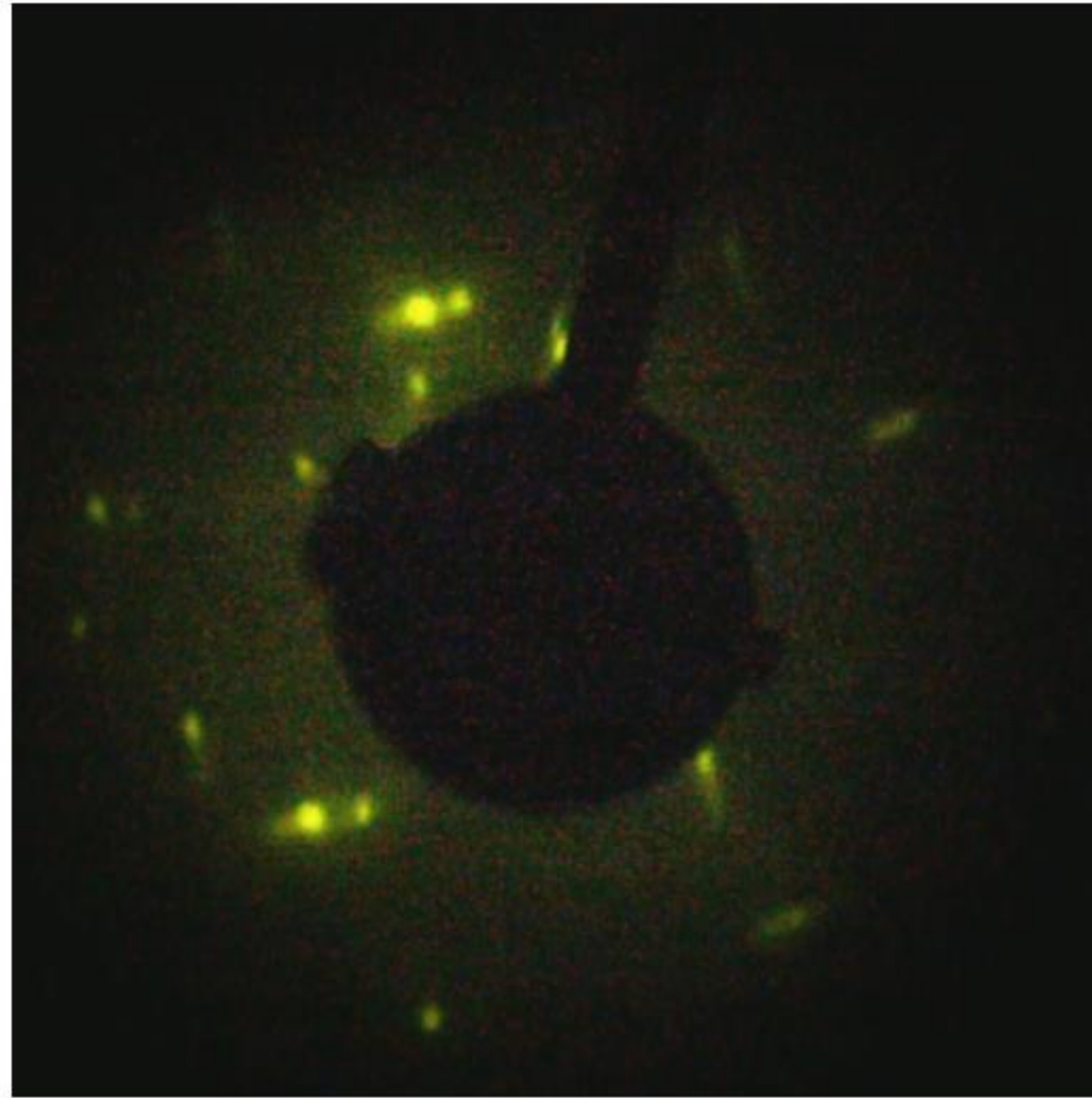
с) Монокристалл

Сравнение изображений сторон никелевой фольги с монокристаллом, через оптический микроскоп.

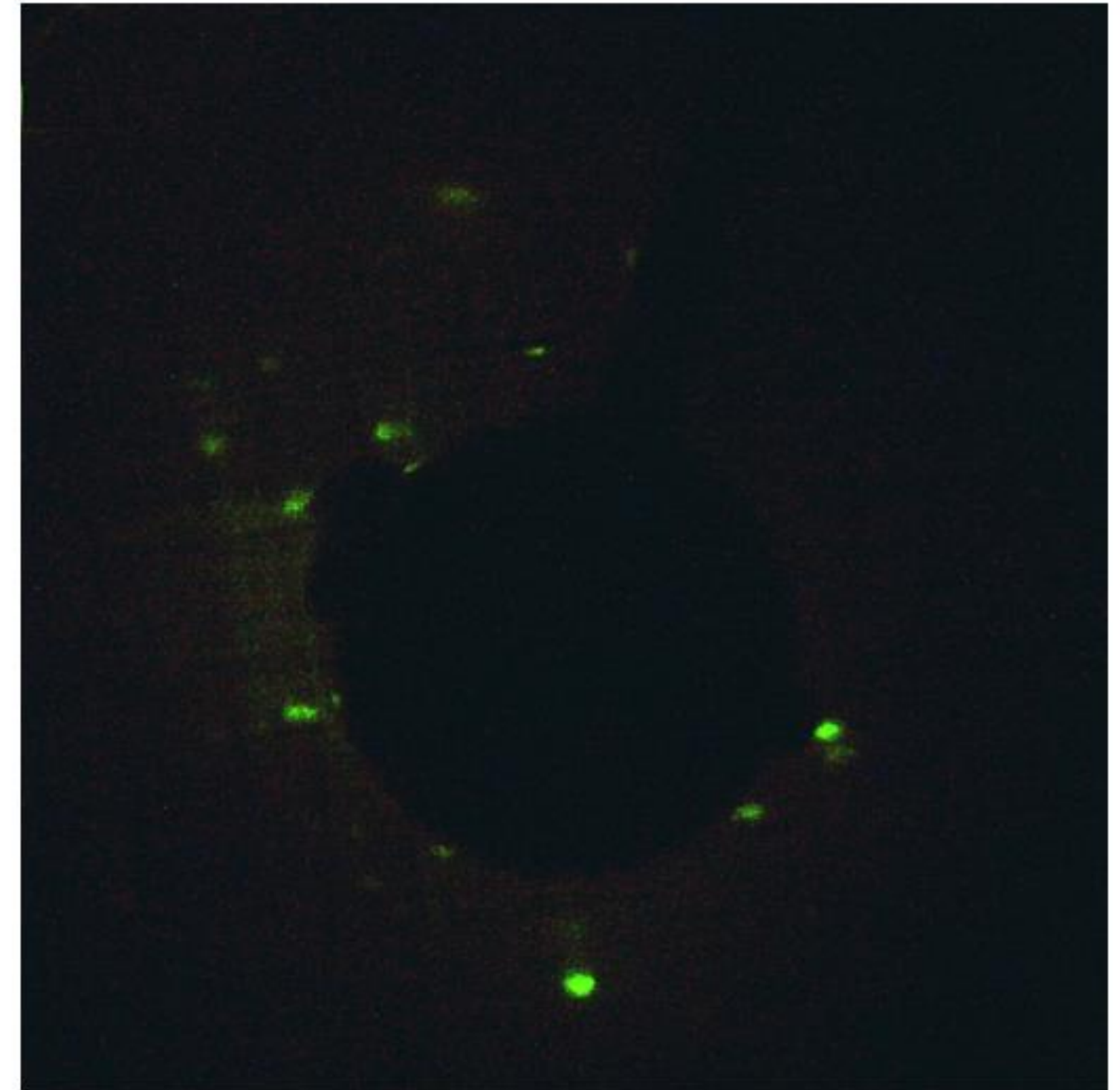
ИНТЕГРАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ



ДМЭ $E = 132$ эВ, $\alpha = 15^\circ$



ДМЭ $E = 132$ эВ, $\alpha = 0^\circ$

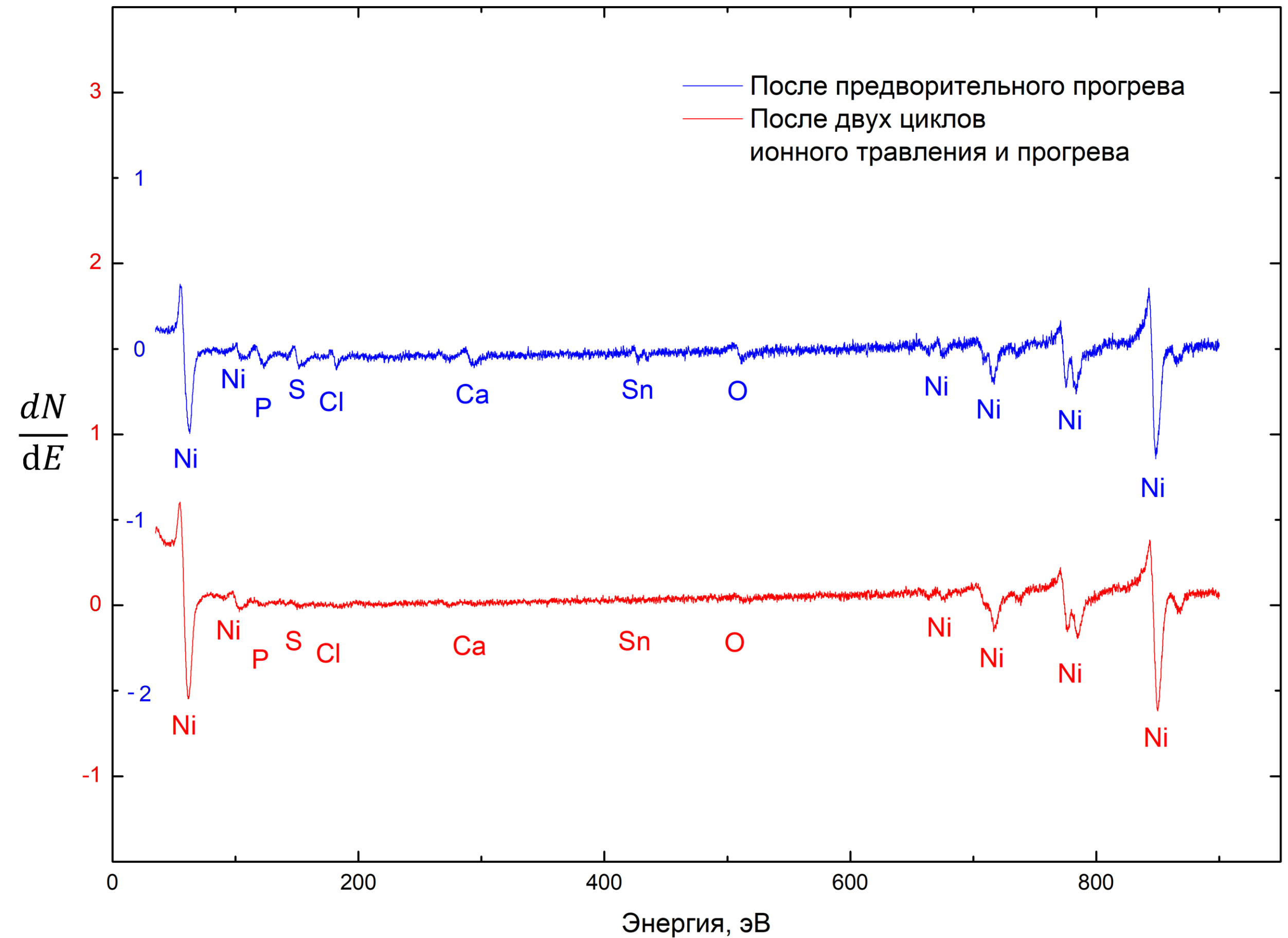


ДМЭ $E = 190$ эВ, $\alpha = 0^\circ$

ОЧИСТКА ОБРАЗЦА

Оптимальный цикл очистки включает:

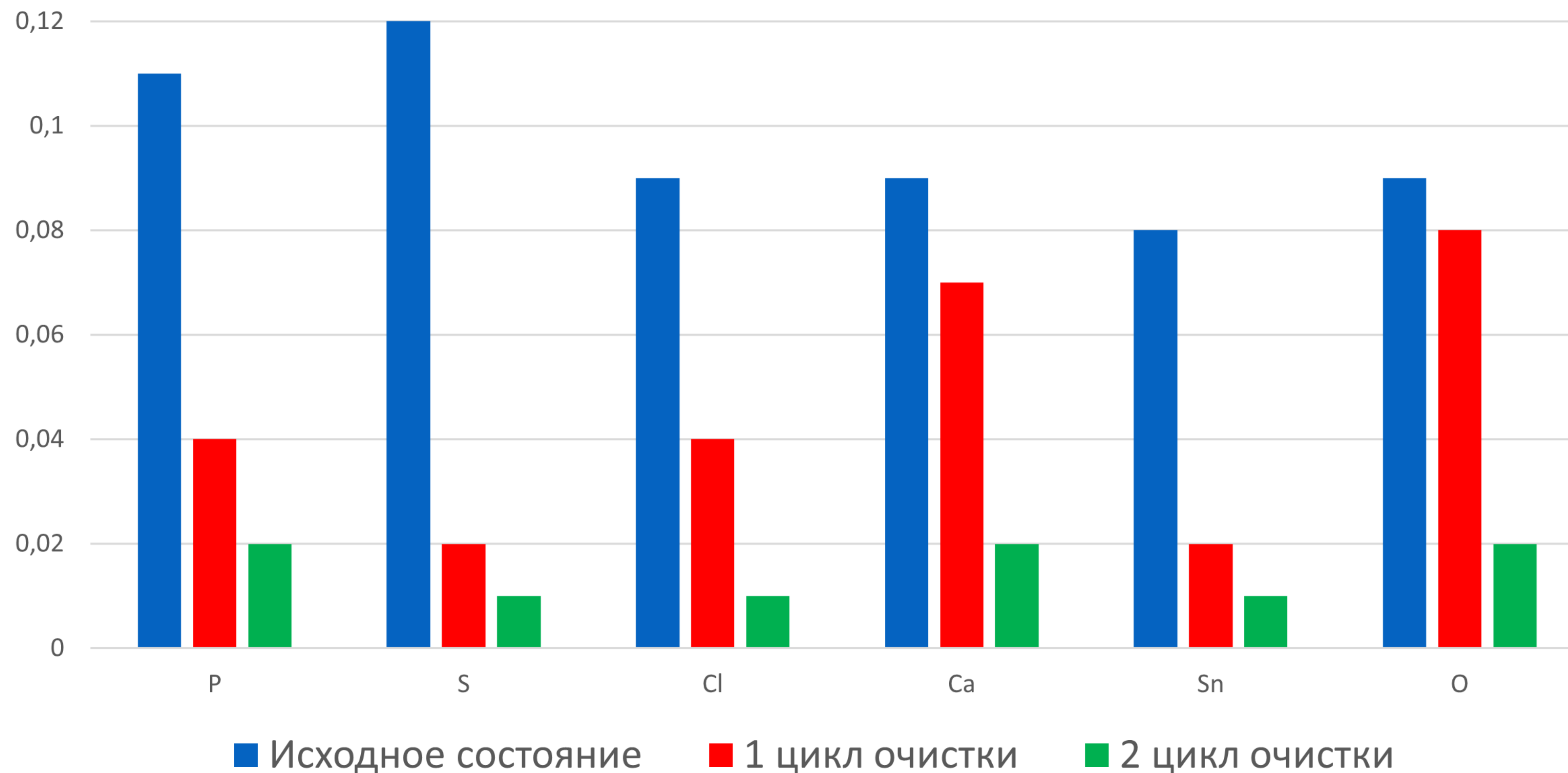
- Травление ионами аргона при параметрах $t = 20$ минут, $W = 600$ эВ, $P = 10^{-4}$ Торр
- Прогрев до 500°C , в течении 25 минут



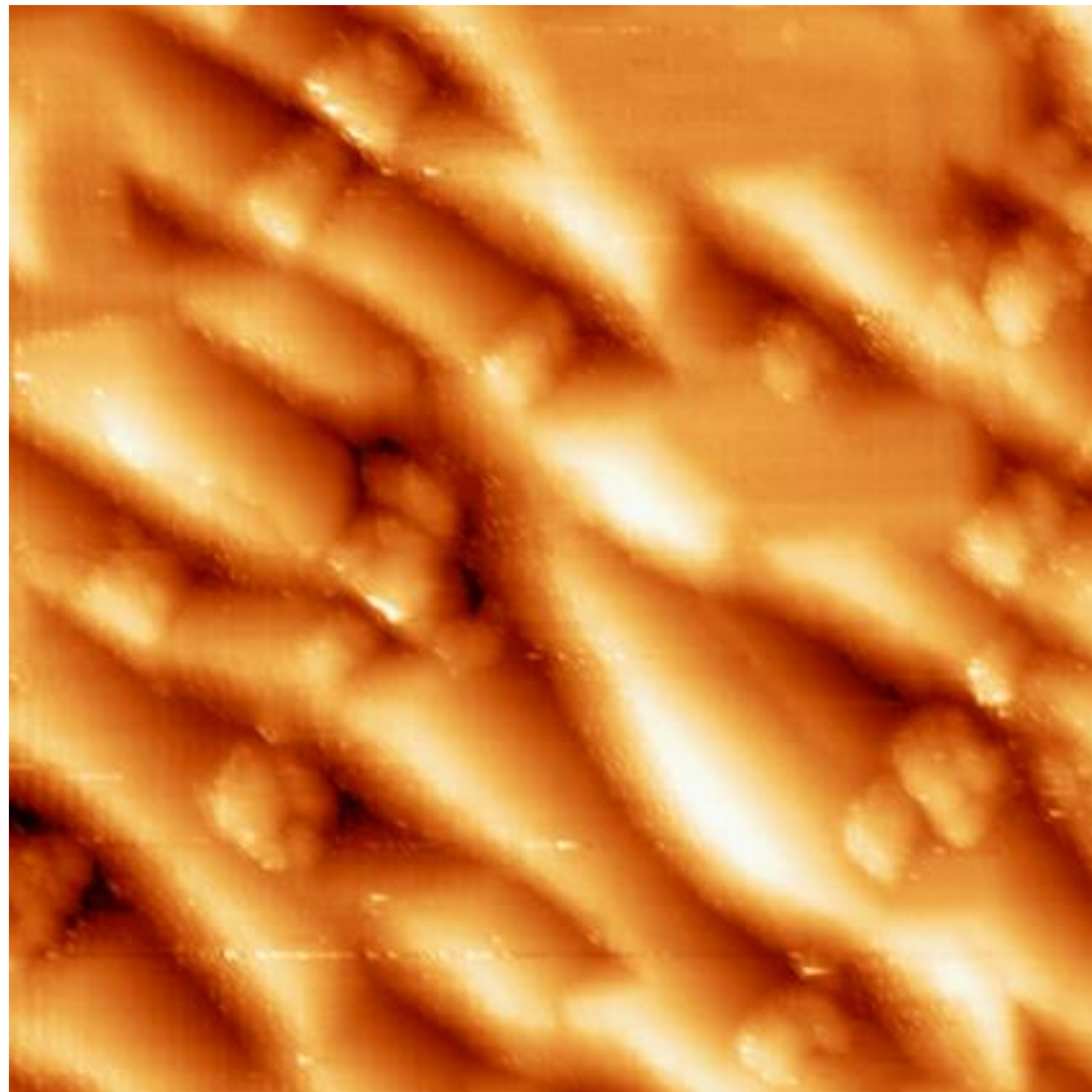
Оже-спектры подложки после предварительного прогрева и после двух циклов очистки.

ОЧИСТКА ОБРАЗЦА

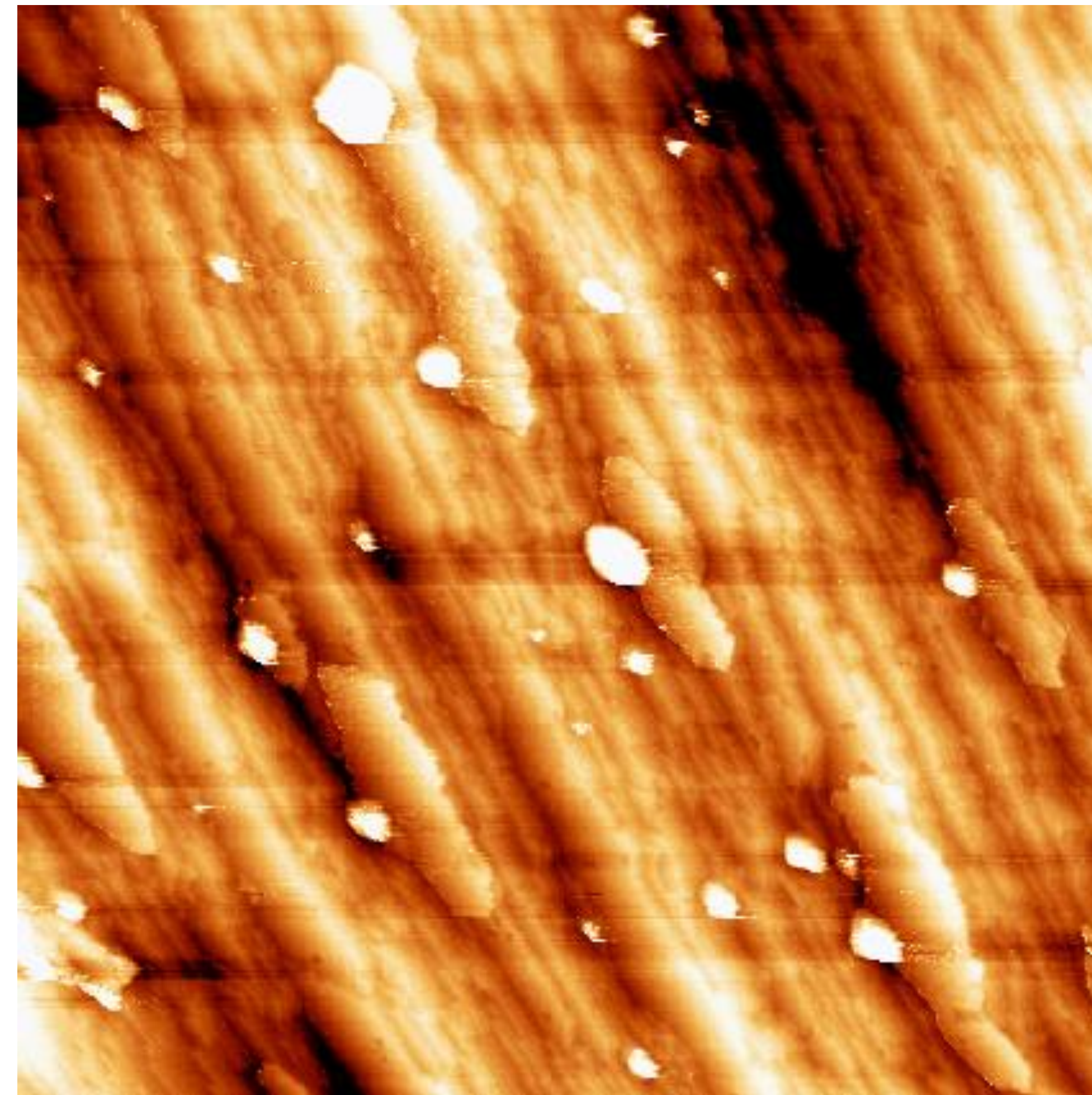
Гистограмма оже-пиков нормированных на высокоэнергетический пик $Ni\ L3M5M5(848)$



РЕСТРУКТУРИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ



СТМ кадр исходного состояния поверхности,
200x200nm



СТМ кадр модифицированной поверхности,
200x200nm

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЙОДИДА НИКЕЛЯ

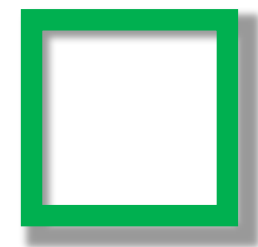


СТМ кадры, поверхности поликристаллического никеля частично покрытого йодидом никеля,
200x200nm

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЙОДИДА НИКЕЛЯ

СТМ кадры, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 200x200nm

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЙОДИДА НИКЕЛЯ



СТМ кадр, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 200x200nm

СТМ кадр, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 20x20nm

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЙОДИДА НИКЕЛЯ



СТМ кадр, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 200x200nm

СТМ кадр, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 5x5nm

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЙОДИДА НИКЕЛЯ

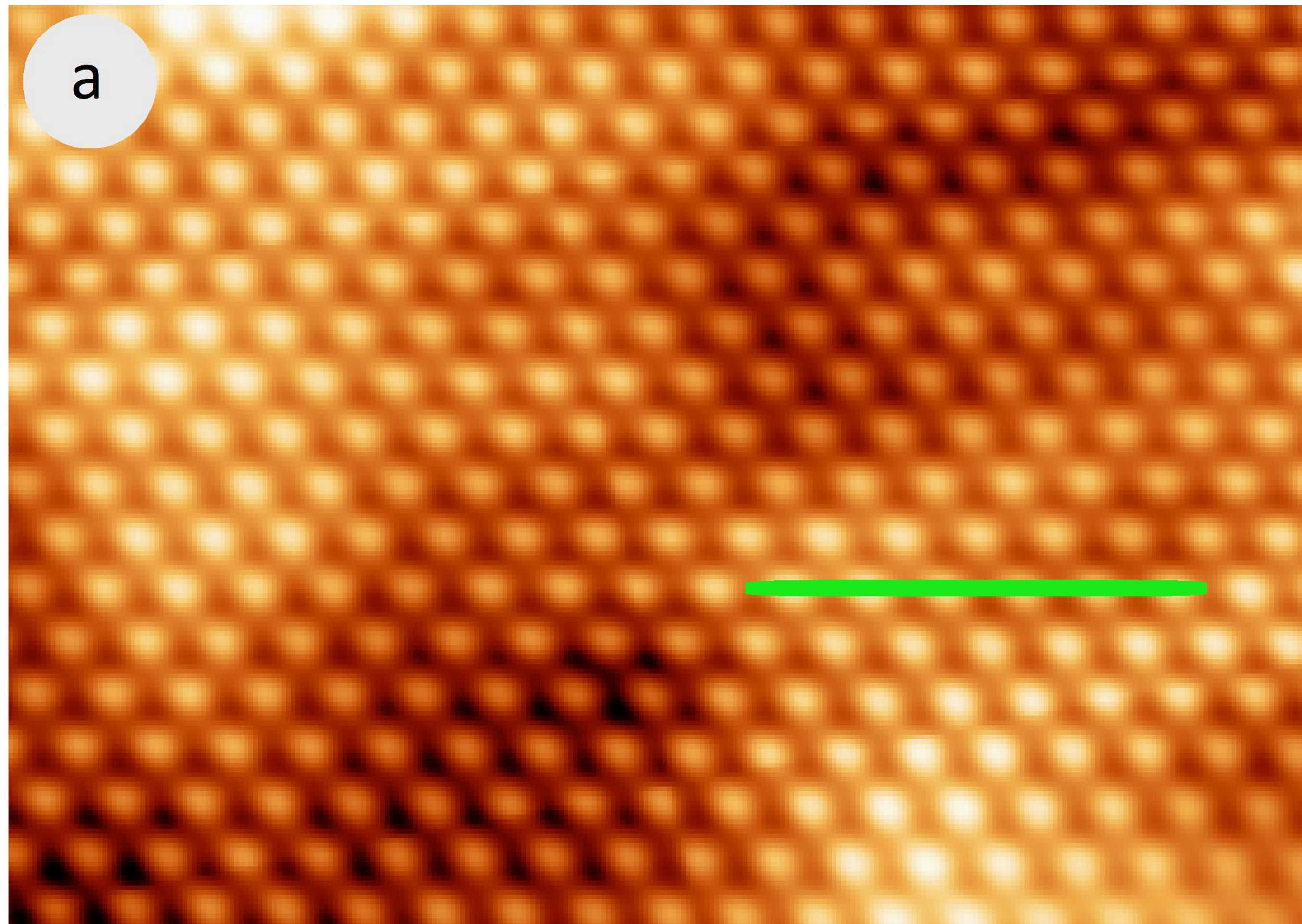


СТМ кадр, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 200x200nm

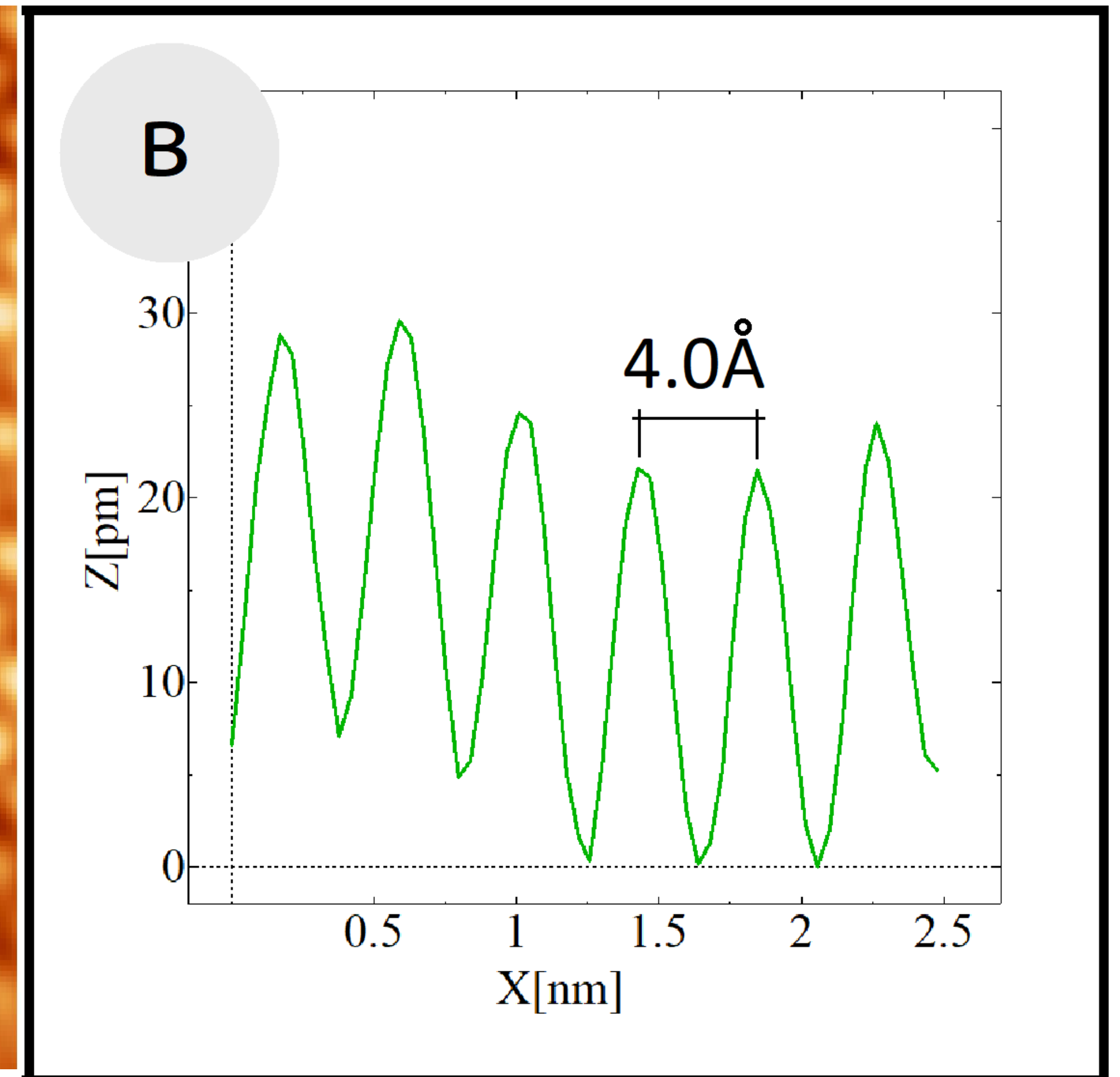


СТМ кадр, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 5x5nm

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЙОДИДА НИКЕЛЯ

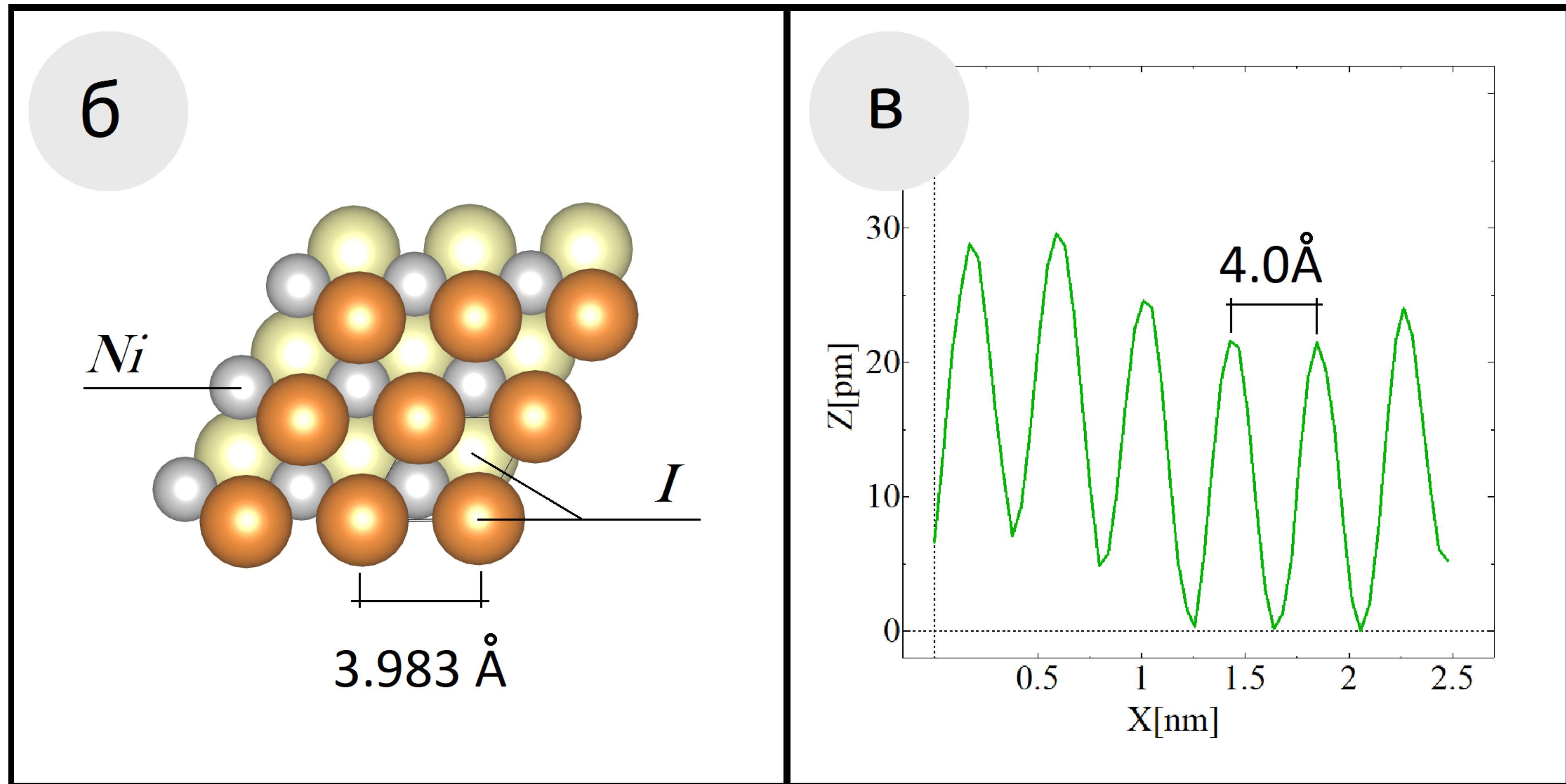


СТМ кадр 7.8 x 6.3 нм;



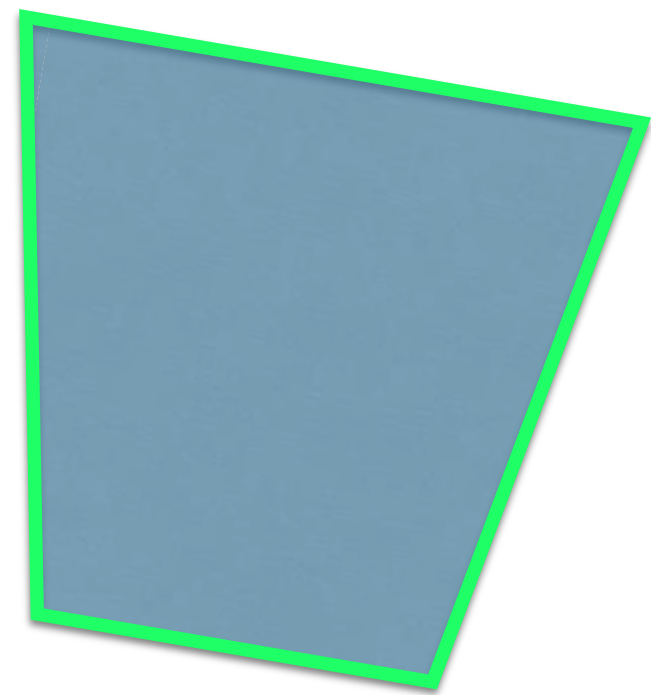
Профиль линии
изображенной на рисунке слева

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЙОДИДА НИКЕЛЯ

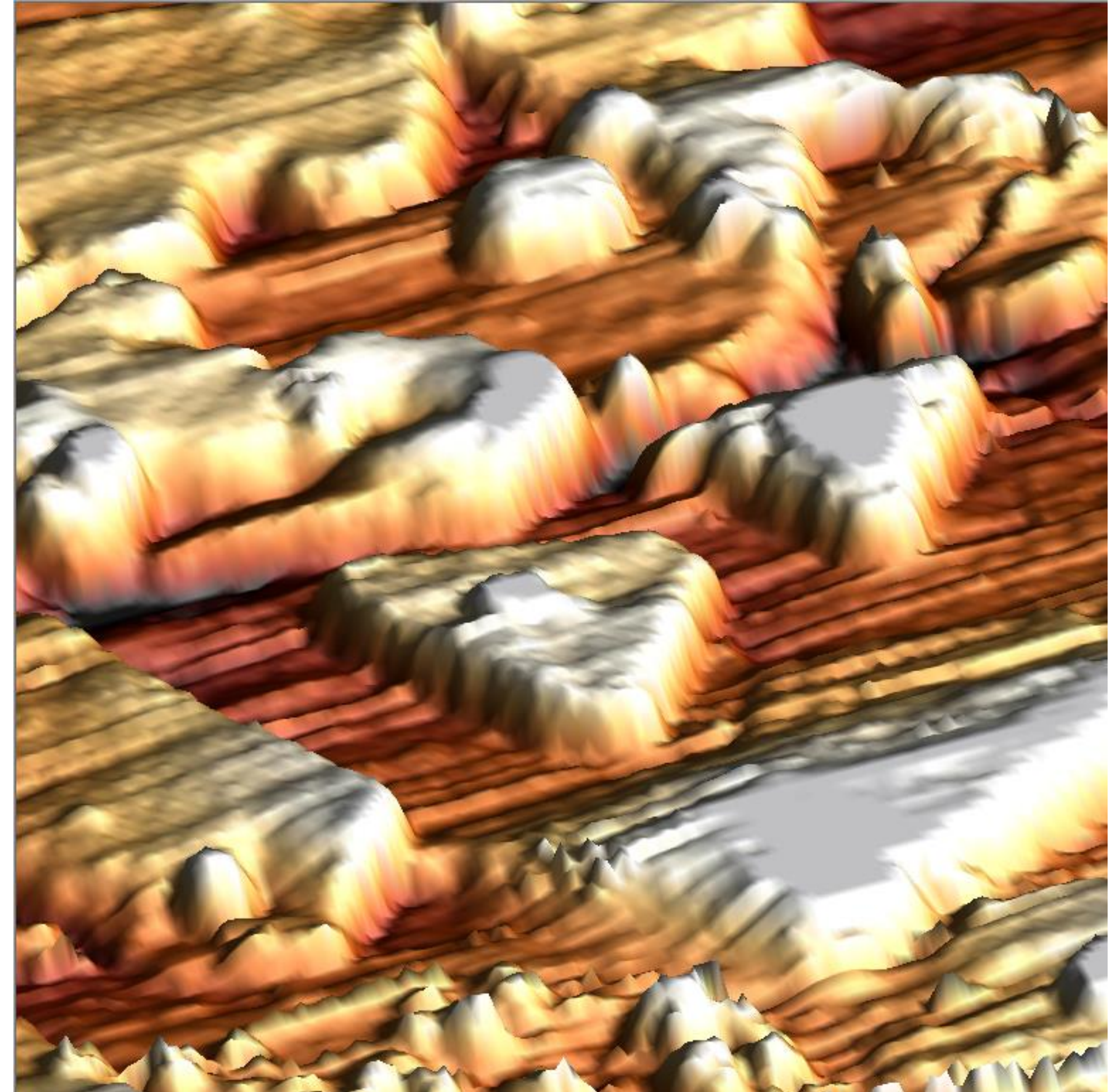


Соотношение теоретических и экспериментальных значений.

ТРЕУГОЛЬНЫЕ “ОСТРОВКИ”



СТМ кадр, поверхности поликристаллического никеля покрытого йодидом никеля, 200x200nm



Трехмерное представление центральных треугольных образований СТМ кадра слева

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. Подобраны параметры очистки подложки из поликристаллического никеля и дана оценка скорости ее загрязнения;
2. Найден эффективный метод реструктуризации подложки и образования террас с одноатомными ступенями;
3. Определены условия роста тонкой пленки йодида никеля на поликристаллической подложке;
4. Изучены структурные свойства тонкой пленки йодида никеля;
5. Найдены особые образования объемного йодида никеля и определены их особенности.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

E-mail: aiv.poriadin@gmail.com