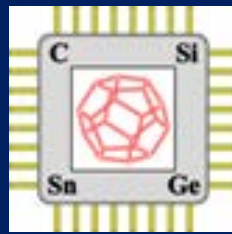


Свойства поверхности тыльных и лицевых контактов фотоэлектрических преобразователей, осаждаемых пассивно и при ионном ассистировании

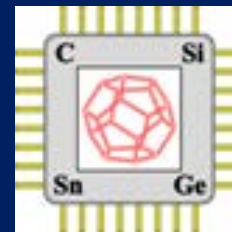
Яковенко С.В.

Цель исследования:

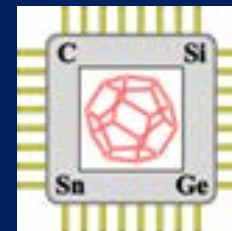


Изучить **морфологию и смачиваемость**
дистиллированной водой
поверхности **тыльных и лицевых контактов**
фотоэлектрических преобразователей,
осаждаемых пассивно и при ионном
ассистировании

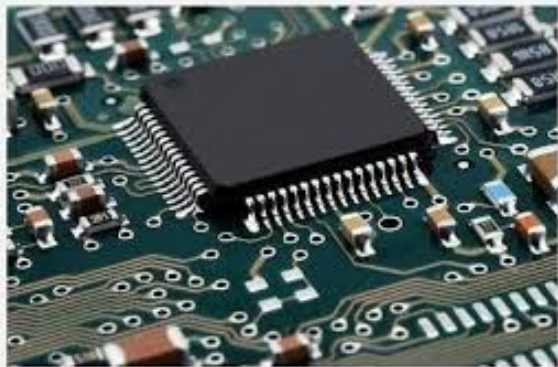
Содержание:



1. Введение
2. Методика эксперимента
3. Результаты:
 - **АСМ анализ:** топография поверхности
 - **РКУС измерения:** смачиваемость поверхности
4. Обсуждение результатов
5. Заключение



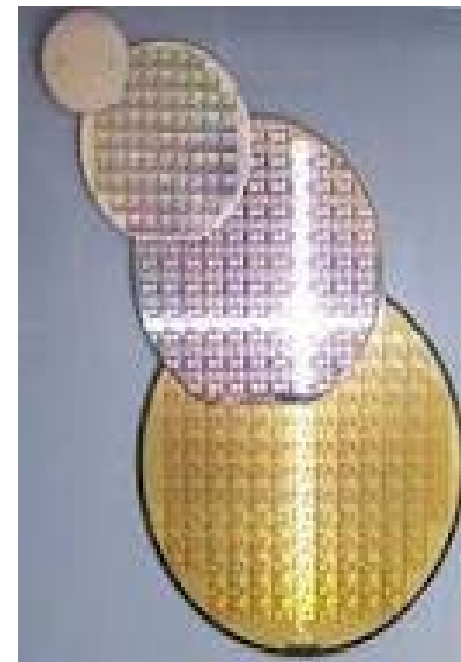
метод осаждения покрытий при ассистировании собственными ионами



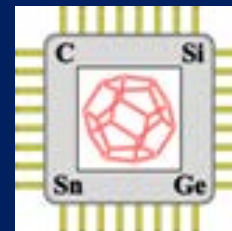
Актуальность-микроэлектроника:
метод контролируемого нанесения
покрытий на материалы.

Метод ОПАСИ:

- ✓ повышает качество тонкопленочных устройств;
- ✓ позволяет управлять микротвёрдостью поверхности изделий;
- ✓ увеличивает микротвердость до значений, сравнимых с микротвердостью алмазоподобных пленок;
- ✓ улучшает трибологические характеристики поверхностей;
- ✓ придает устойчивость материалу к коррозии;
- ✓ позволяет изменять электрохимические свойства.



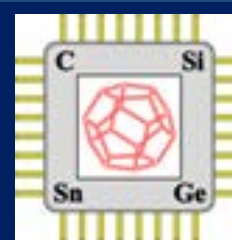
Практическое применение систем Me /стеклянная подложка, полученных методом ОПАСИ:



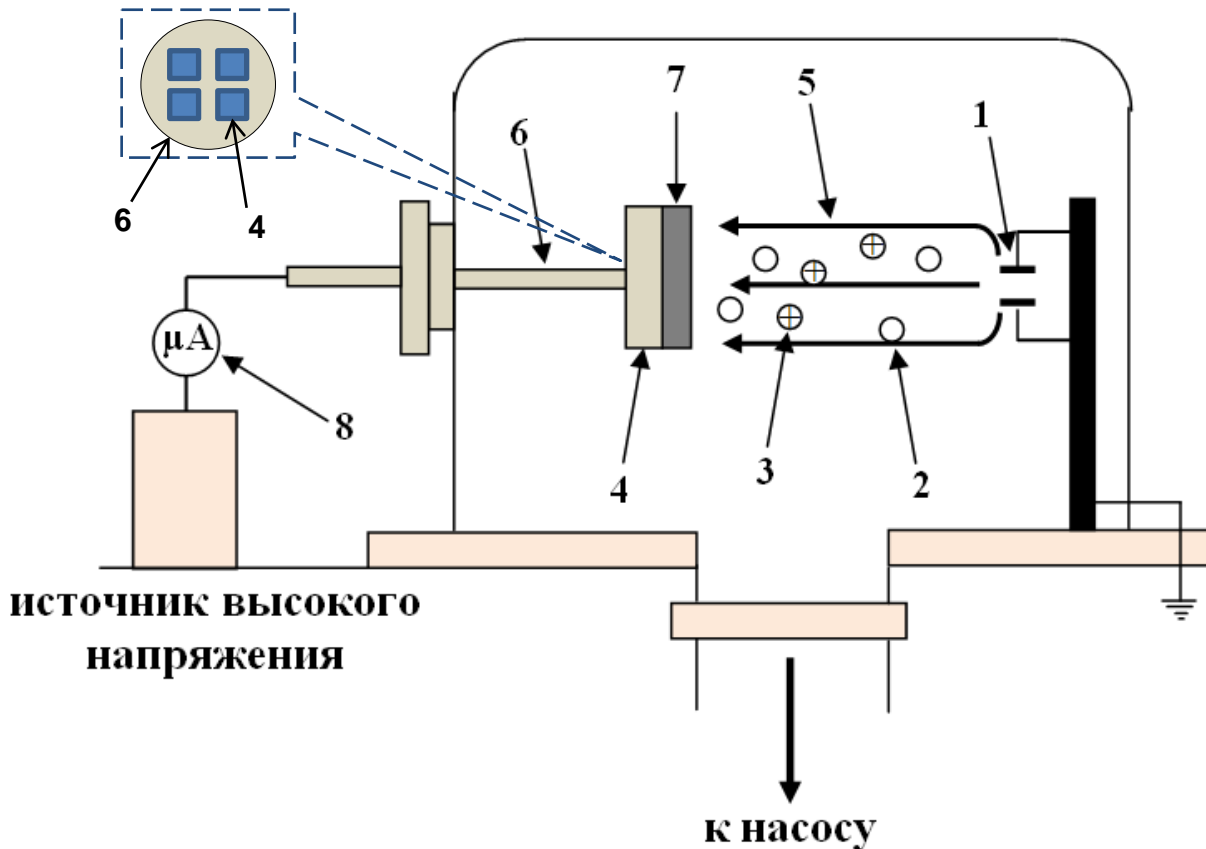
Формирование тыльных и лицевых контактов
поглощающих слоев солнечных элементов



Получение образцов - метод ОПАСИ:

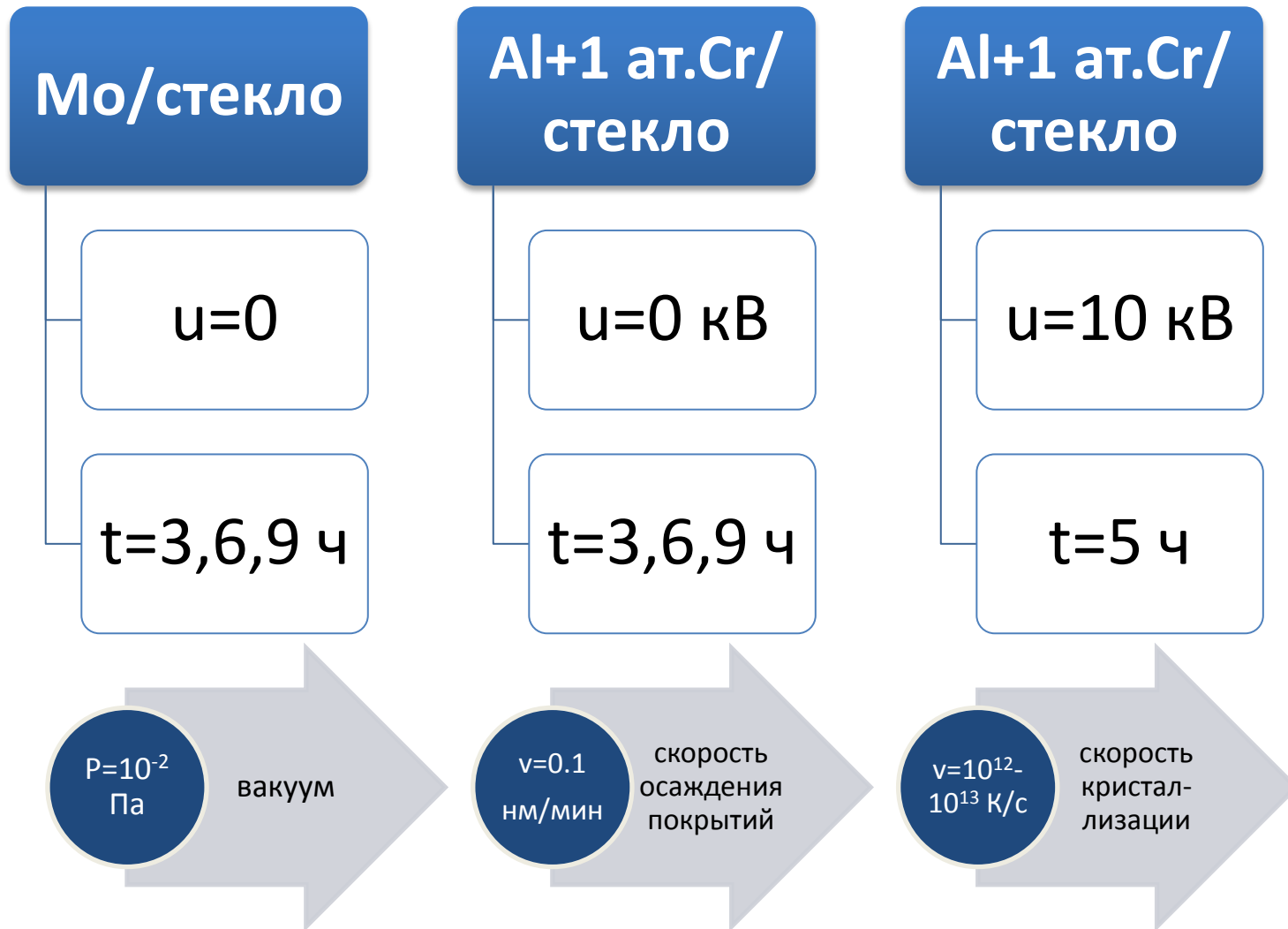
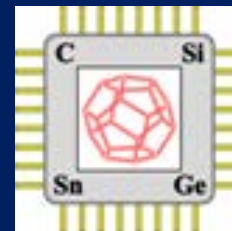


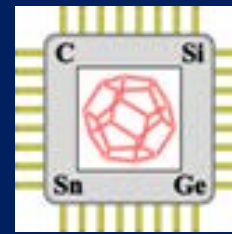
метод осаждения покрытий при ассистировании собственными ионами



- 1 – источник ионов;
- 2 – нейтральные атомы осаждаемого материала;
- 3 – ионы наносимого материала;
- 4 – модифицируемое изделие;
- 5 – линии напряжённости электрического поля;
- 6 – электрод с держателем изделия;
- 7 – тонкая плёнка;
- 8 – микроамперметр.

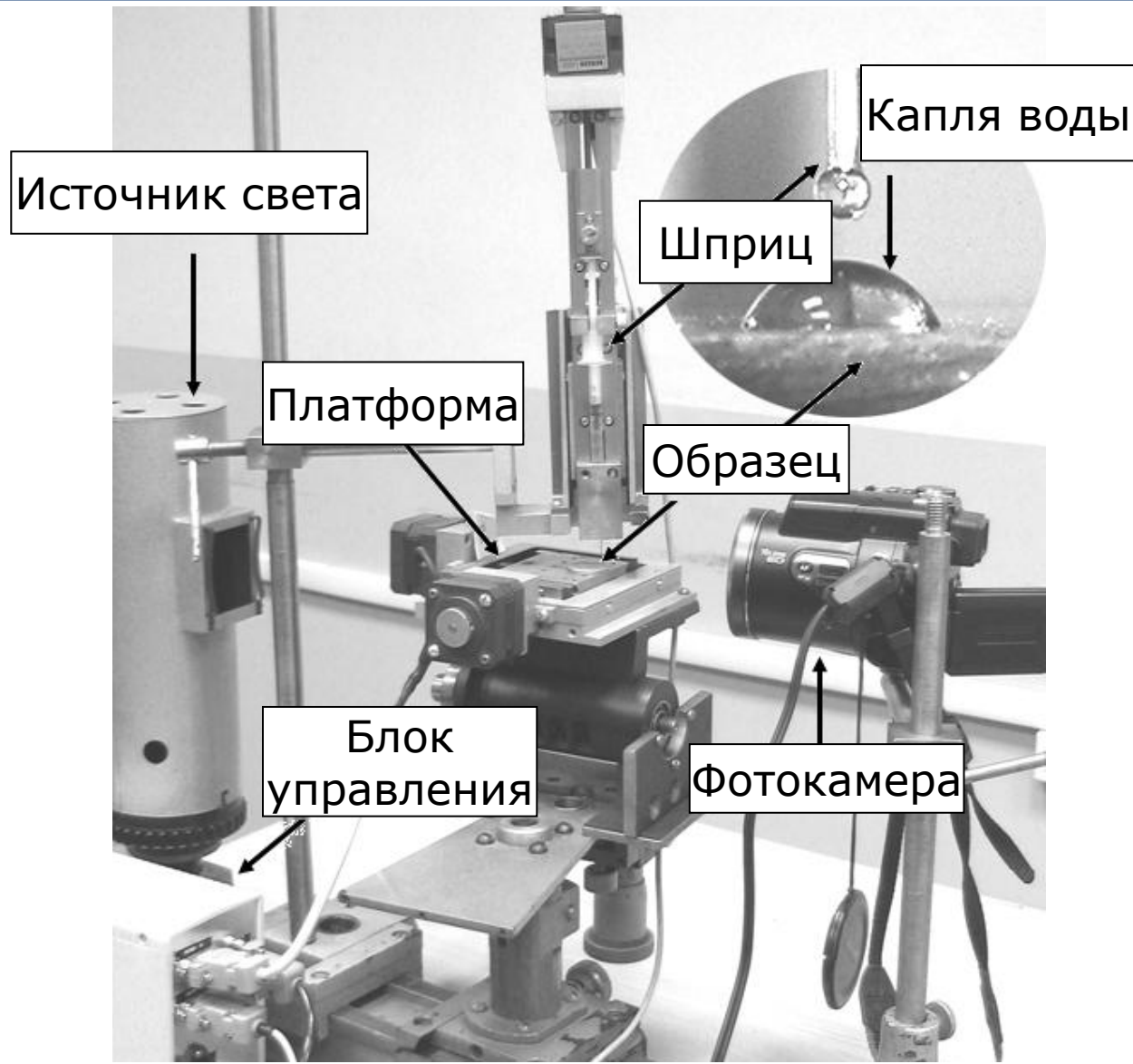
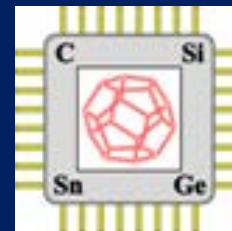
Метод ОПАСИ- экспериментальные условия:



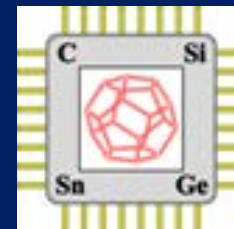


Смачивание поверхности	метод покоящейся капли (программы Angle для определения РКУС)
Морфология поверхности	атомно- силовая микроскопия (АСМ) (бесконтактный статистический режим работы микроскопа)

Установка для измерения РКУС:



Экспериментальные условия при измерении РКУС:



Твердая фаза	пленки Mo, Al+1 ат.% Cr/стеклянная подложка, полученные методом ОПАСИ
Жидкая фаза	Дистиллированная вода $V_{\text{капли}} = 9,3 \text{ мкл}$
Температура воздуха	18 °C
Время стабилизации	60 с
Погрешность измерения РКУС	$\sim 0,6^\circ$

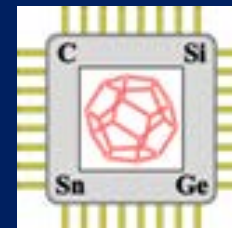


Рис.1. Процедура определения РКУС



Рис.2. Фотографии капель на поверхностях образцов:

А-исходной подложки

Б-подложки с покрытием Мо ($t=3\text{ч}, U=0$)

В-подложки с покрытием Мо ($t=6\text{ч}, U=0$)

Г-подложки с покрытием Мо ($t=9\text{ч}, U=0$)

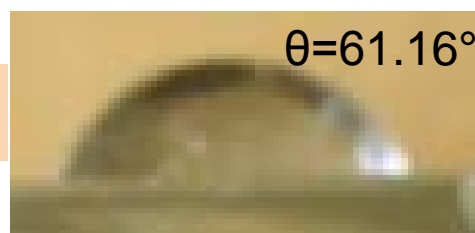
Д-подложки с покрытием Al-1,0 ат.% Cr

($t=9\text{ч}, U=0$)

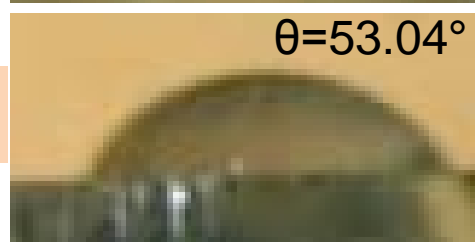
А



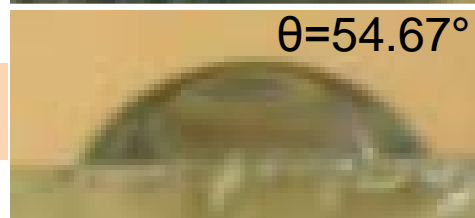
Б



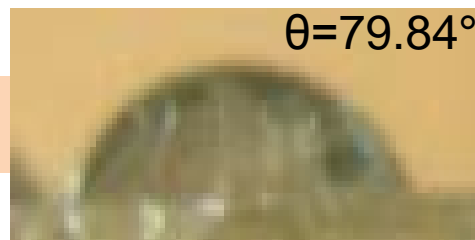
В



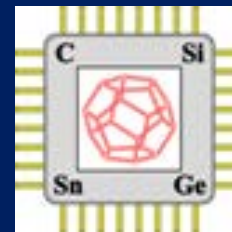
Г



Д



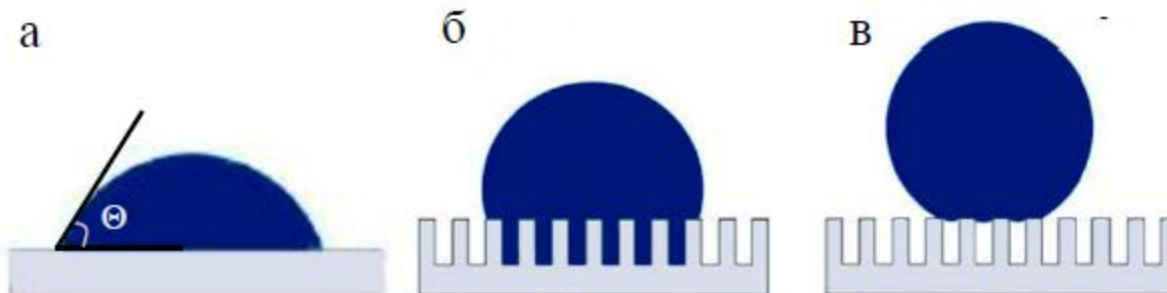
Смачивание поверхности



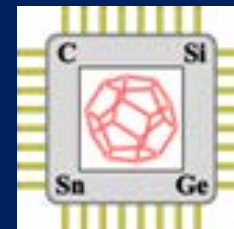
- Проявляется при частичном или полном растекании жидкости по поверхности твердого тела
- Характеризуется contact angle (CA)
- Характер смачиваемости зависит от:
 - Шероховатости
 - Композиционного состава
 - Концентрации примесей
 - Химических свойств элементов
 - Состояния внешней среды

Рис. 3 - Типы смачивания твердой поверхности жидкостью:

- а) случай смачивания гладкой поверхности (модель Юнга);
- б) гомогенное смачивание шероховатой поверхности (модель Венцеля - Дерягина);
- в) гетерогенное смачивание (модель Касси - Бакстера).



3D АСМ - морфология поверхности пленок



U=0

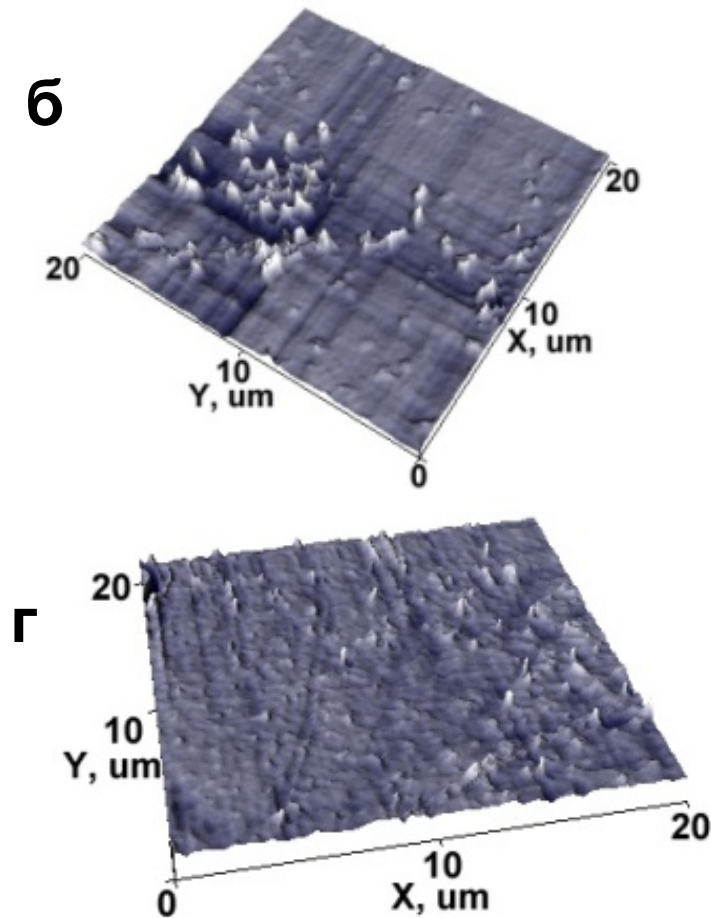
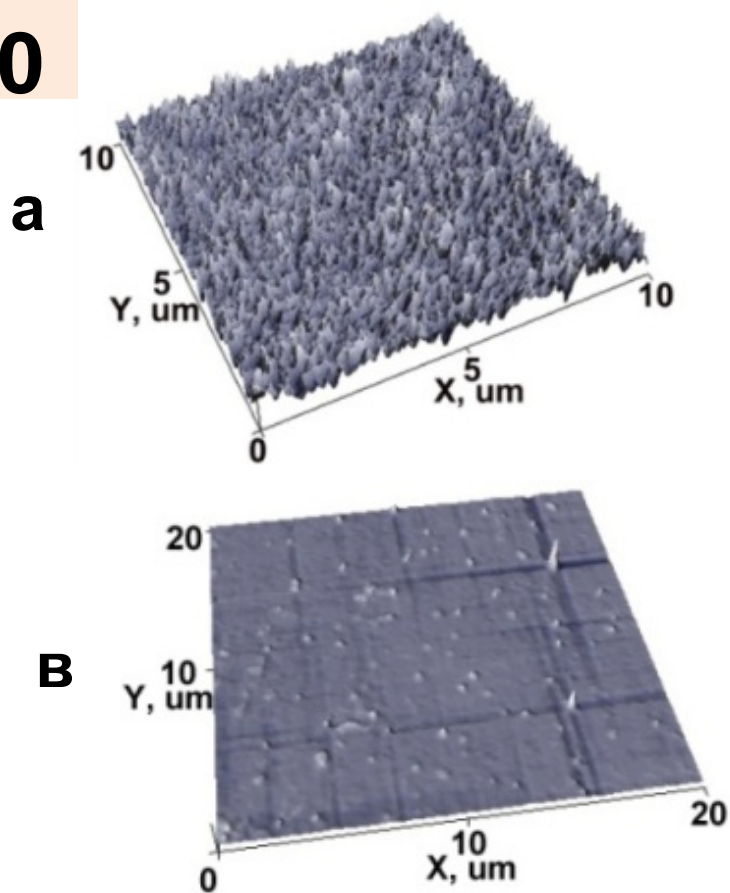


Рис. 4: а) стеклянная подложка; б) пленка - Мо/стекло (t=3ч); в) пленка - Мо/стекло (t=6ч); г) пленка - Мо/стекло (t=9ч)

2D АСМ - морфология поверхности (а,в) и профиль (б,г) вдоль линии, отмеченной на 2D представлении

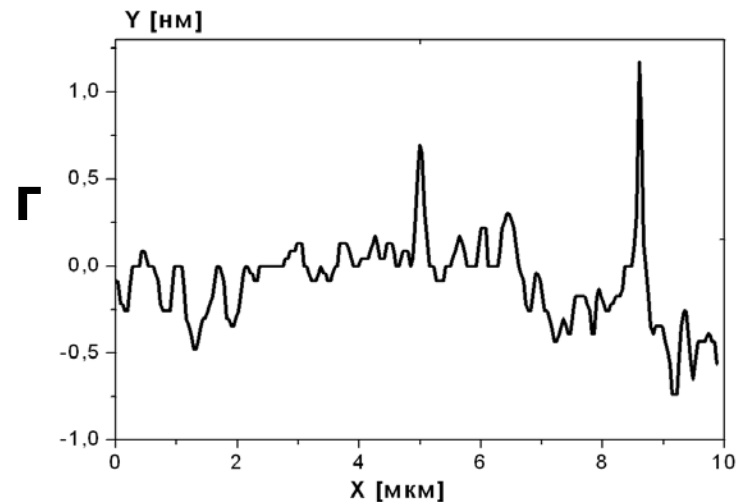
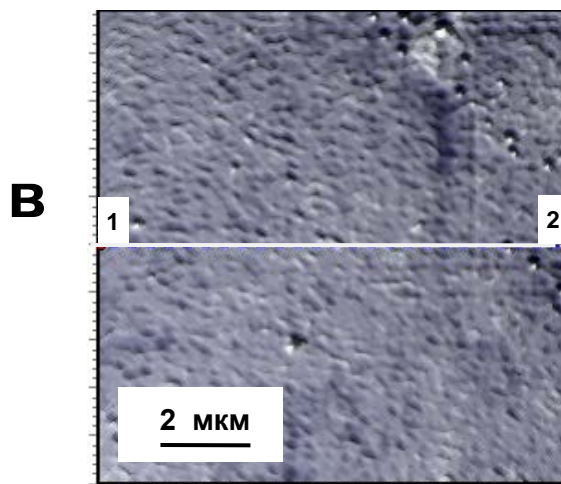
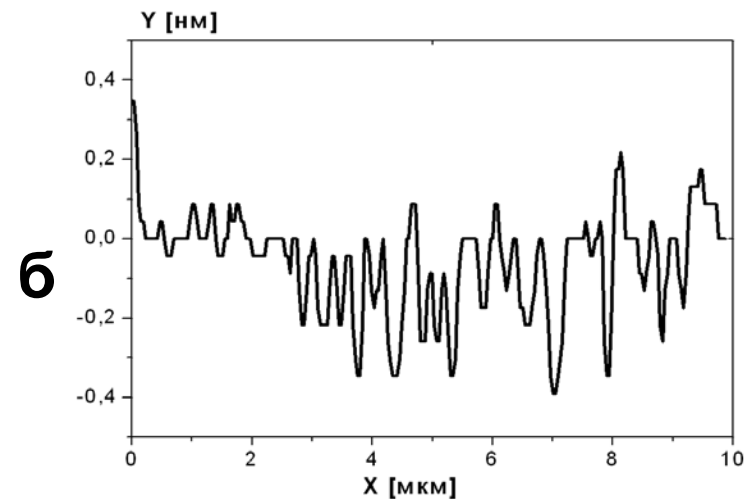
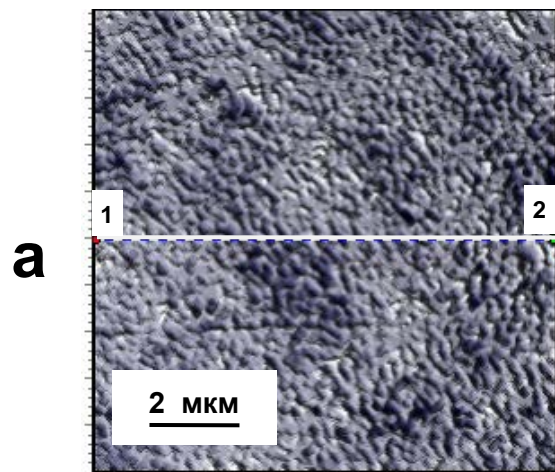
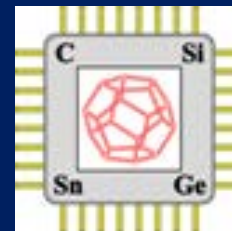
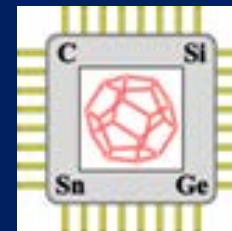


Рис. 6: а,б - стеклянная подложка; в,г - пленка - Мо/стекло

Значения шероховатости и краевых углов смачивания поверхностей образцов



Материал	Стекло без пленки	Mo U=0			Al-1,0 ат.% Cr U=0		
		3	6	9	3	6	9
d, нм	0	20	35	50	20	35	50
Ra, нм	2.54	1.05	1.70	1.66	8.93	18.46	21.59
θ^0 , град	22.00	61.16	53.04	54.67	60.86	74.44	79.84

Обсуждение результатов:

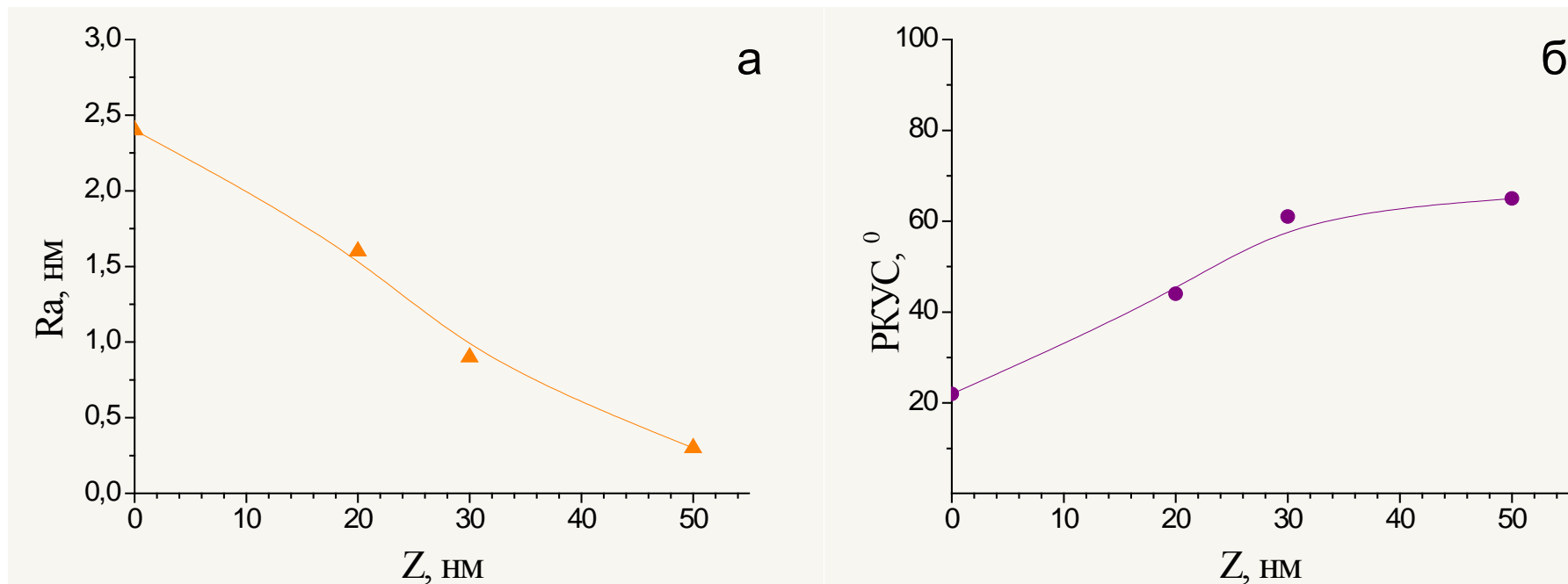
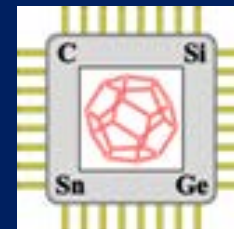


Рис. 7: а) зависимость шероховатости поверхности Mo пленки от толщины осажденной пленки;
б) зависимость РКУС поверхности Mo пленки от толщины осажденной пленки.

Обсуждение результатов:

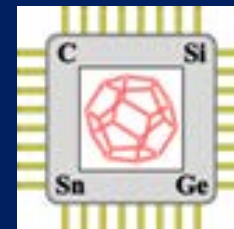
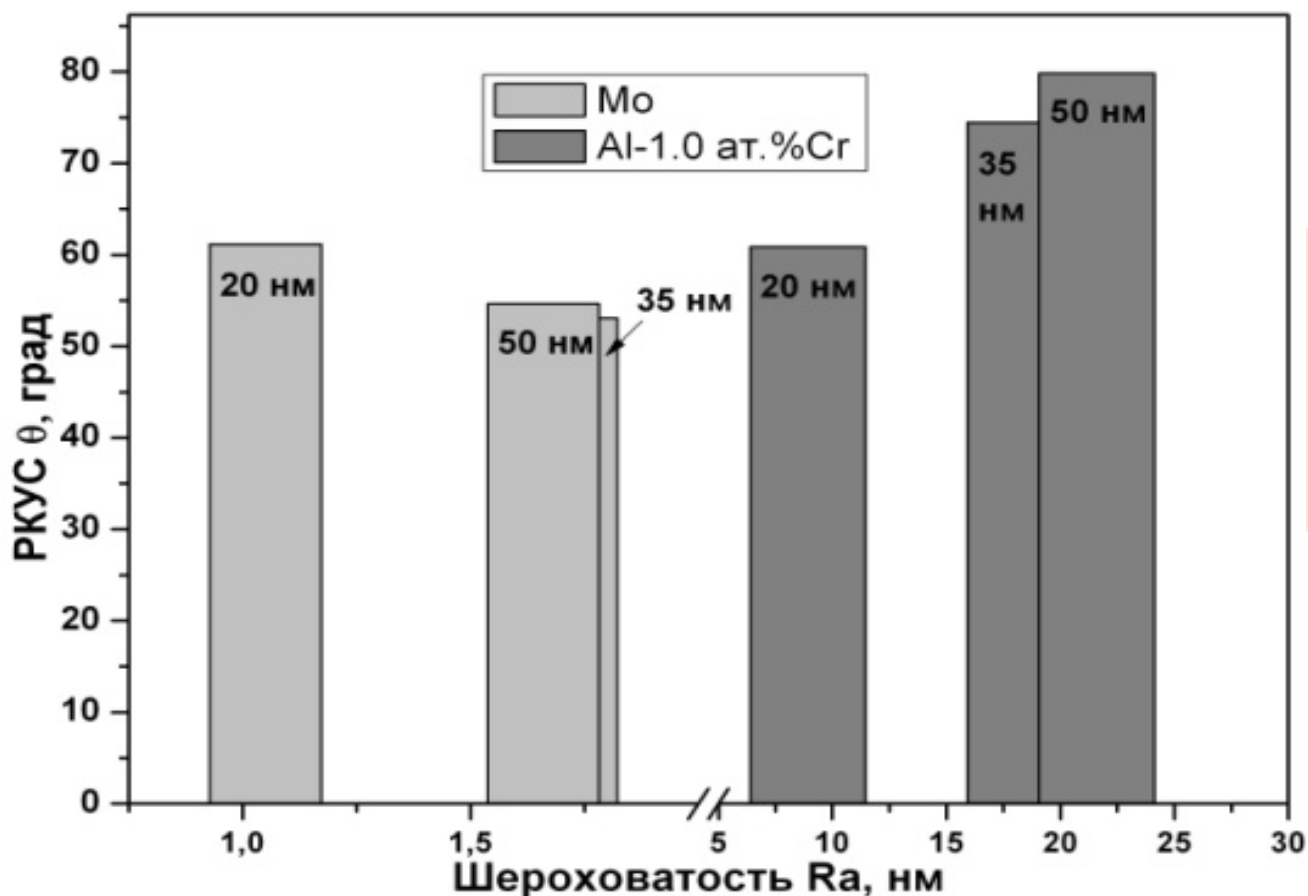
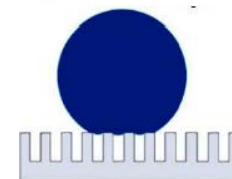


Рис. 8 - Зависимость краевого угла смачивания от шероховатости поверхности пленок разной толщины ($U=0$)



гомогенное смачивание
(модель Венцеля - Дерягина)



гетерогенное смачивание
(модель Касси - Бакстера)

Выводы



- ❑ Установлено, что нанесение металлических пленок **Mo** и сплава **Al-Cr** методом **ОПАСИ** на стеклянную подложку **увеличивает степень гидрофобности ее поверхности** в зависимости от элементного состава, режима и времени нанесения осаждаемого покрытия.
- ❑ Обнаружено, что нанесение пленки **Mo** на стекло вызывает уменьшение шероховатости поверхности исходной стеклянной подложки в **2.4** раза (при $t=3ч$). При этом, увеличение времени нанесения пленки **Mo** сопровождается увеличением шероховатости поверхности с одновременным уменьшением Θ (от 61.16° до 54.67°), что указывает на гомогенный режим смачивания (модель Венцеля-Дерягина).
- ❑ Рост шероховатости поверхности образцов при нанесении сплава **Al-Cr** сопровождается увеличением Θ , что свидетельствует об изменении характера смачивания пленок от гомогенного к гетерогенному (модель Касси-Бакстера). Измеренная величина РКУС изменяется в интервале $60.86 - 79.84^\circ$ и зависит от шероховатости материала.
- ❑ Полученные результаты демонстрируют **возможность управления свойствами (шероховатость, смачиваемость) поверхности структур пленка/стеклянная подложка путем модифицирования состава покрытий.**

2D АСМ - морфология поверхности (а,в) и профиль (б,г) вдоль линии, отмеченной на 2D представлении

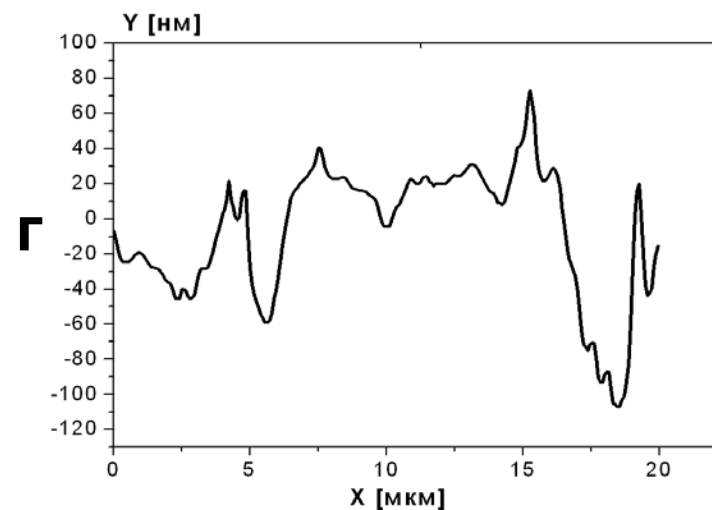
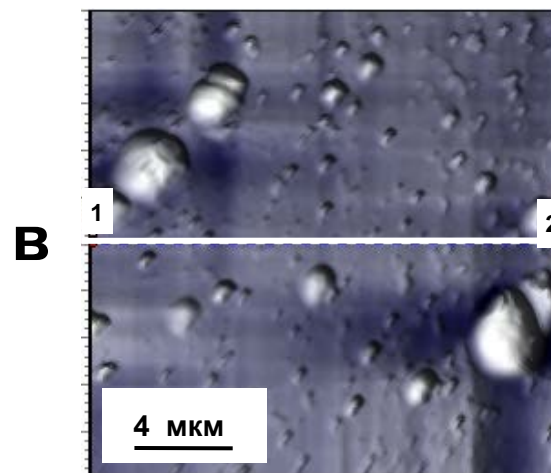
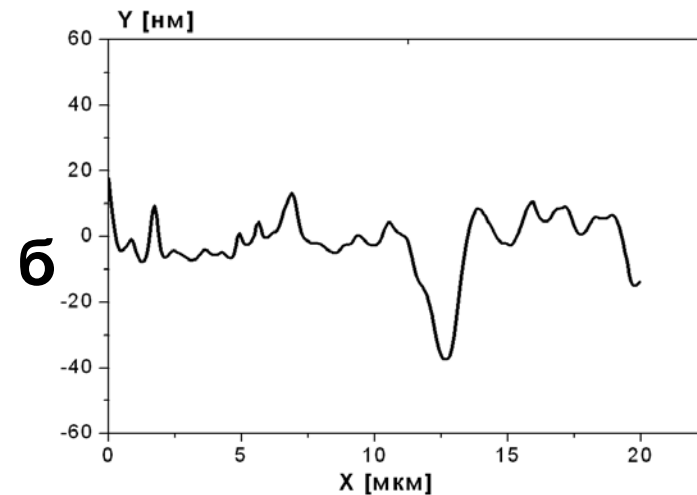
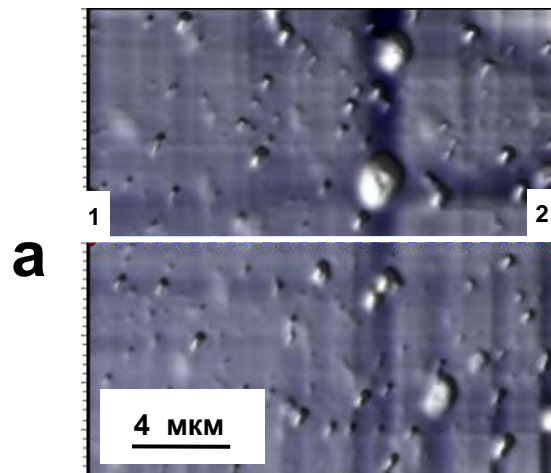
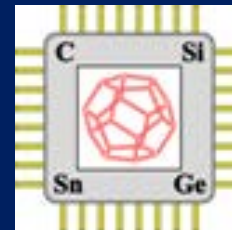


Рис. 7: а,б - Al (99,995%) ; в,г - Al-1,0 ат. % Cr

Обсуждение результатов:

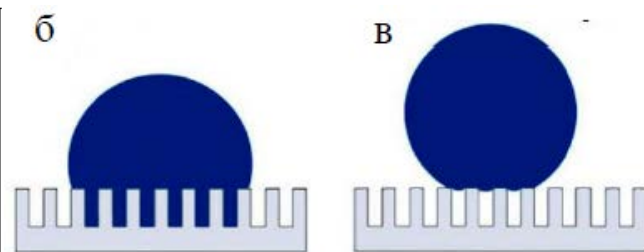
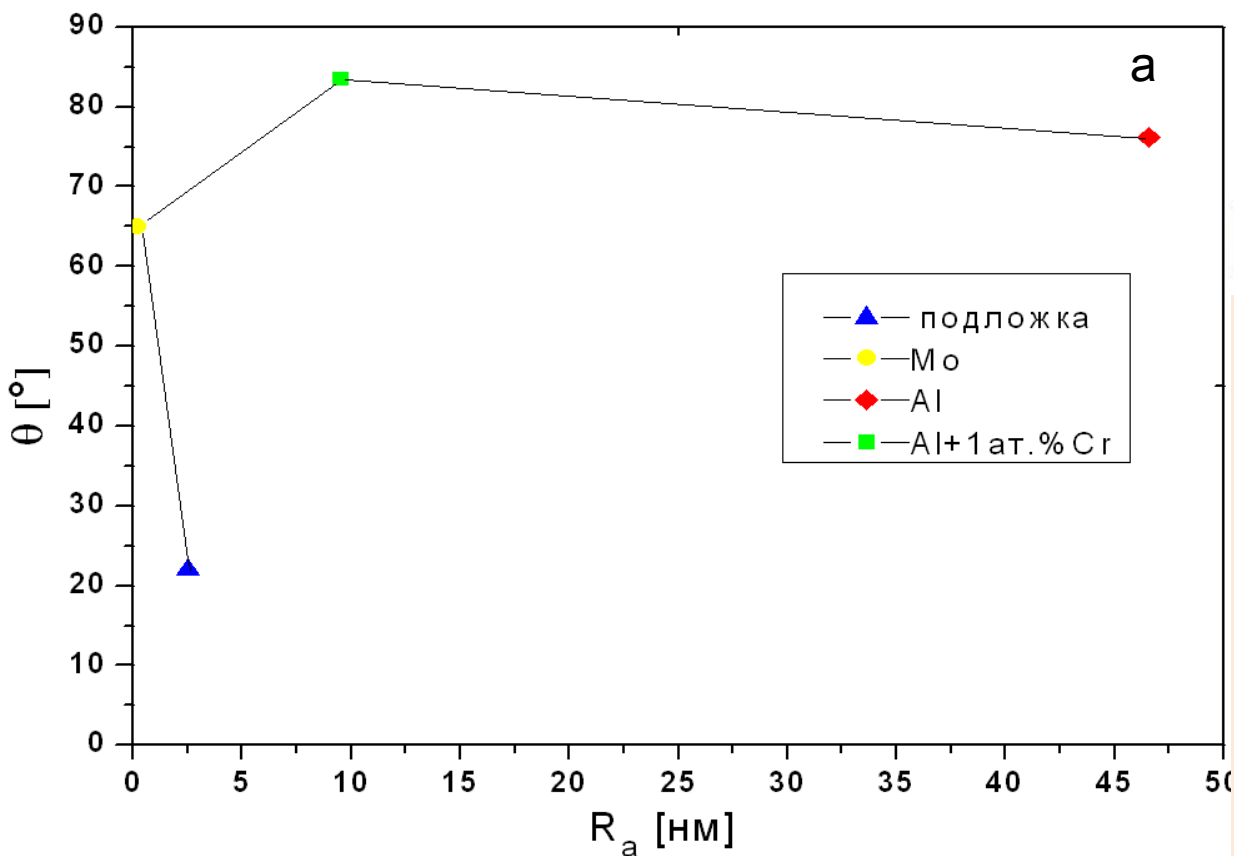


Рис.:

а) зависимость краевого угла смачивания от шероховатости поверхности;

б) гомогенное смачивание шероховатой поверхности (модель Венцеля - Дерягина);

в) гетерогенное смачивание (модель Касси - Бакстера).



СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТИ СИСТЕМЫ Mo/ПОДЛОЖКА, ФОРМИРУЕМОЙ ПРИ ИОННОМ АССИСТИРОВАНИИ

И.С. Ташлыков, А.И. Туровец

Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка,
ул. Советская, 18, 220050 Минск, Беларусь, tashl@bspu.unibel.by

Таблица Параметры морфологии и смачиваемости

Образец	Исх	1	2	3	4	5
Интегральный поток Mo^+ , $\cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$		1,2	3,2	5,2	8,1	11
Время модифицирования, мин		15	50	75	110	145
Средняя шероховатость, нм	2,20	1,78	1,97	2,71	2,33	2,30
% образования покрытия		56,9	33,6	34,5	48,1	96,5
Разность высот, нм		7,2	6,0	4,6	3,0	3,0
Краевой угол смачивания, °	25,1	62,8	67,4	69,7	60,8	56,7



Рис. 4. Зависимость KUC поверхности образцов с нанесенными пленками Mo от интегрального потока ионов Mo^+