



МИСИС
УНИВЕРСИТЕТ
НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Лекция
Уроки настоящих технологий получения наноматериалов

Екатерина Александровна Гостева, доцент кафедры материаловедения полупроводников и диэлектриков НИТУ «МИСиС», кандидат физико-математических наук

Материаловедение и наноматериалы

Материаловедение – это наука, изучающая связь между составом, строением и свойствами материалов, а также их изменения при различных внешних воздействиях (тепловом, механическом, химическом и т.д.). Основная практическая задача материаловедения – изыскание оптимального состава и способа обработки материалов для придания им заданных свойств.

Наноматериаловедение – наука о наноматериалах, методах их получения, исследования и разработки практических применений на их основе.

Наноматериалы - природные или намеренно сконструированные материалы, в которых один или более размеров лежат в диапазоне нанометров. К данной категории относят также так называемые «нано-нано» композиты, которые содержат более чем одну фазу, но все фазы менее 100 нм.

Свойства поверхности, смачиваемость

Смачиваемость – оценка силы сцепления между молекулами жидкости и молекулами твёрдого тела. Смачиваемость и несмачиваемость – понятия относительные: жидкость, смачивающая одно твердое тело, может не смачивать другое тело. Например, вода смачивает стекло, но не смачивает парафин; ртуть не смачивает стекло, но смачивает медь



Гидрофобность

С точки зрения химического строения **гидрофобными** (неполярными) являются молекулы, не содержащие химических групп, способных образовывать с водой водородные связи.

Например, это бензол и другие жидкие углеводороды (составляющие бензина).

Однако наиболее интересными свойствами обладают **амфифильные молекулы**, содержащие как полярную, так и неполярную части: это приводит к тому, что они образуют в смесях с водой довольно сложные структуры: мицеллы, везикулы, слои и более сложные формы.

Образование всех этих сложных форм управляется **гидрофобным эффектом**.



Гидрофильность

Гидрофильность - характеристика интенсивности молекулярного взаимодействия вещества с водой, способность хорошо впитывать воду, а также высокая смачиваемость поверхностей водой.

Гидрофильностью обладают вещества с ионными кристаллическими решетками (**оксиды, гидроксиды, силикаты, сульфаты, фосфаты, глины, стекла и др.**), вещества с полярными группами $-OH$, $-COOH$, $-NO_2$ и др.

Причины гидрофильности связаны с наличием в молекулах гидрофилов полярных групп. Между этими полярными группами и полярными группами растворителя возникают ориентационные силы, в результате которых происходит взаимодействие.



Создание макрорельефа поверхности

Механическая обработка – шлифовка, полировка поверхности с помощью наждачной бумаги.

С увеличением размера зерна увеличивается параметр шероховатости поверхности.

Крупнозернистая		Мелкозернистая наждачная бумага	
ГОСТ Р 52381-05	Зернистость, мкм	ГОСТ Р 52381-05	Зернистость, мкм
P22 - P36	1000 - 500	P240 - P400	50-63
P40 – P80	500 - 200	P600	20-28
P90 - P150	200 - 80	P1000	14-20
P180	63-80	P1200 - P2500	10-3



Создание нанорельефа поверхности

При работе в химической лаборатории используйте СИЗ и соблюдайте технику безопасности!!!

Растворы для травления	Материалы
HCOOH	GaAs; Pb; Ti
HCl	Al; Cr; Cu; Fe ₂ O ₃ ; Ga; GaAs; GaN; In; Fe; Pb; Ni; NiO, Ni ₂ O ₃ ; Sn; SnO ₂ ; Ti; Zn
HF	GaAs; Ni; SiO ₂ ; Ti
HNO ₃	C; Cu; GaAs; In; Fe; Pb; Ni; Ag; Pd; Pt; Sn; Ti; Zn; ZnO
H ₃ PO ₄	Al; Cu; GaAs; GaN; Fe; Ni; SiN; ZnO
KOH	Al; C; Cu; Ag; GaAs; Si; Ti
NaOH	Al; Cu; Ag; Ti; GaAs; GaN
H ₂ SO ₄	C; Cu; GaAs; Fe; Pb; Ni; Ti
3 HCl : 1 HNO ₃	Все металлы



Техника безопасности при работе с химикатами

- Категорически запрещается работать одному в лаборатории. Работать следует только в отведенное время под контролем преподавателя.
- Необходимо соблюдать тишину, чистоту и порядок.
- В лаборатории необходимо находиться в застегнутом хлопчатобумажном халате, пользоваться защитными очками и перчатками.
- Приступать к работе можно после усвоения всей техники ее выполнения.
- Нельзя проводить опыты в загрязненной посуде. Посуду следует мыть сразу после окончания эксперимента.
- Категорически запрещается пробовать химические вещества на вкус.
- Запрещается нагревать, смешивать и взбалтывать реактивы вблизи лица. При нагревании нельзя держать пробирку или колбу отверстием к себе или в направлении работающего товарища.
- Запрещено выливать в раковину остатки кислот и щелочей, огнеопасных и взрывоопасных, а также сильно пахнущих веществ.
- Работать с концентрированными кислотами и щелочами только в вытяжном шкафу. Разбавление кислот следует проводить в жаростойкой посуде, при этом кислоту необходимо приливать к воде.
- Работы с легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ) следует проводить подальше от огня. Запрещается нагревать летучие и легковоспламеняющиеся жидкости (ацетон, эфиры, спирты, петролейный эфир, бензин, бензол, сероуглерод) на открытом пламени.

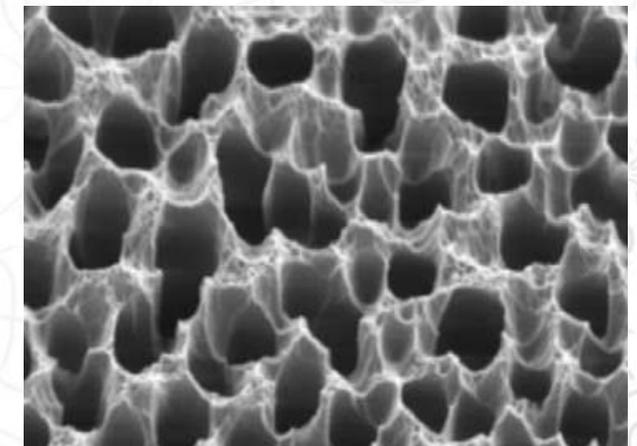
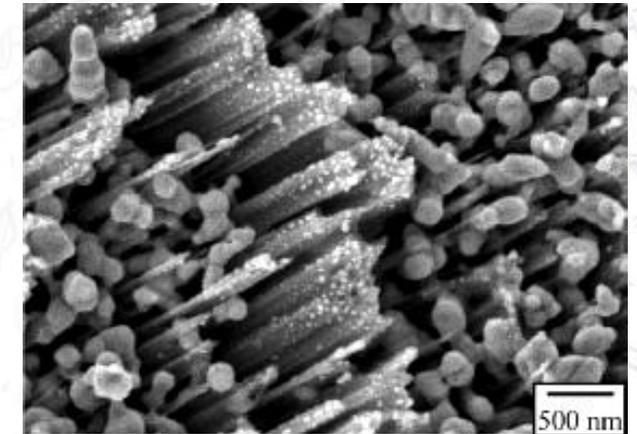
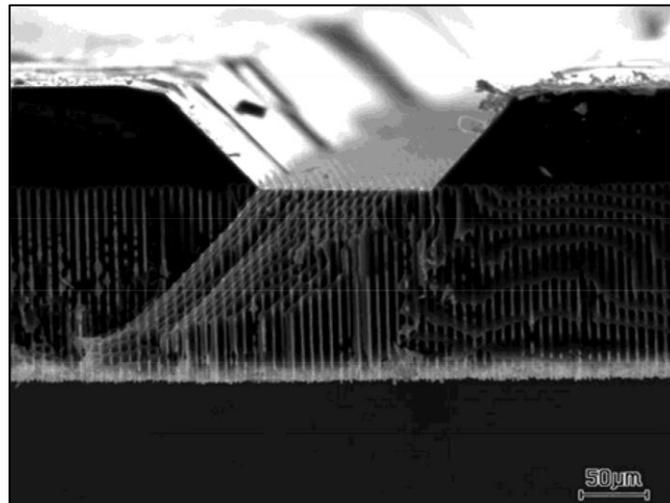
Модификация поверхности металлов

Травление металлов чаще всего проводят в растворах кислот. Наиболее распространённые электролиты изготавливают на основе азотной, серной, соляной, ортофосфорной и уксусной кислоты.



! После травления образцы промывают в 15%-ном растворе соды, затем тщательно промывают водой.

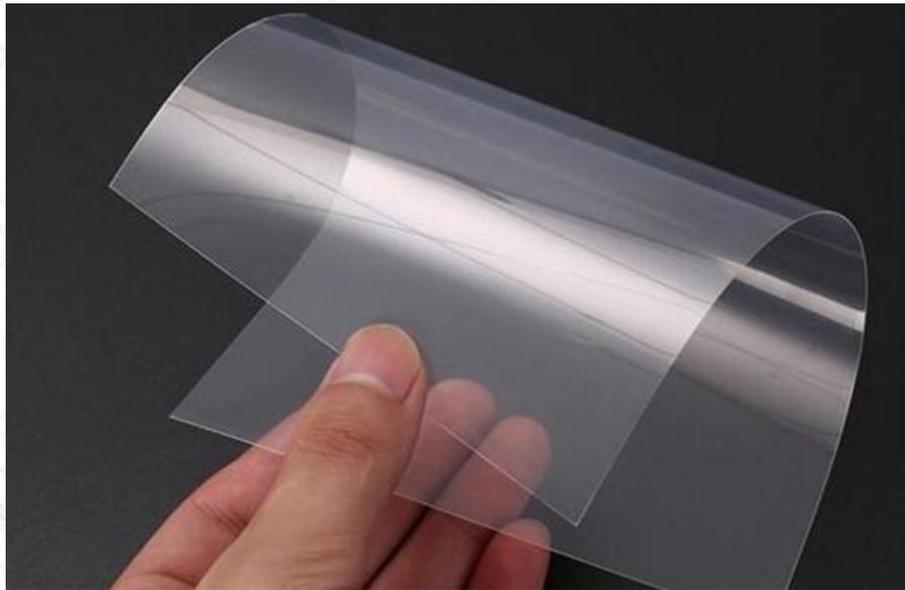
Модификация поверхности полупроводников



Травление кремния возможно проводить только в концентрированных растворах **плавиковой кислоты**.

Модификация поверхности диэлектриков и полимеров

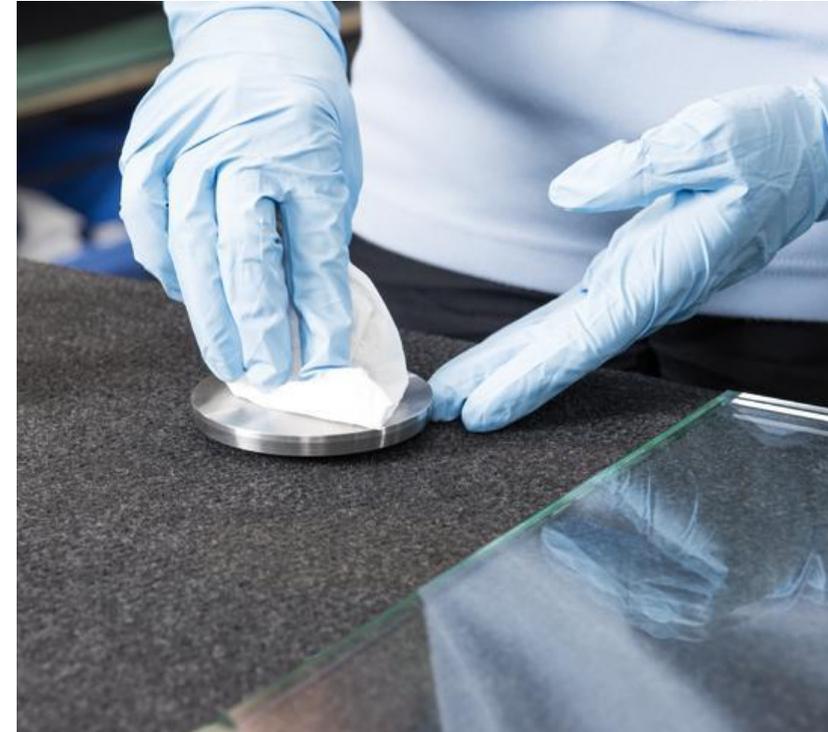
Полимерные материалы инертны. Возможна механическая обработка либо переработка, плавление, экструзия и тд.



Ацетон является растворителем полимеров!

Подготовка экспериментальных образцов

Для проведения исследования свойств поверхности экспериментальных образцов – предварительно необходимо очистить поверхность от остатков абразива, химических компонентов и жировых загрязнений!



Методы измерения шероховатости



Визуальный (сравнение с эталоном).



Бесконтактный (микроскопия).



Контактный (профилометрия).

Ra = среднее арифметическое отклонение профиля

Краевой угол смачивания

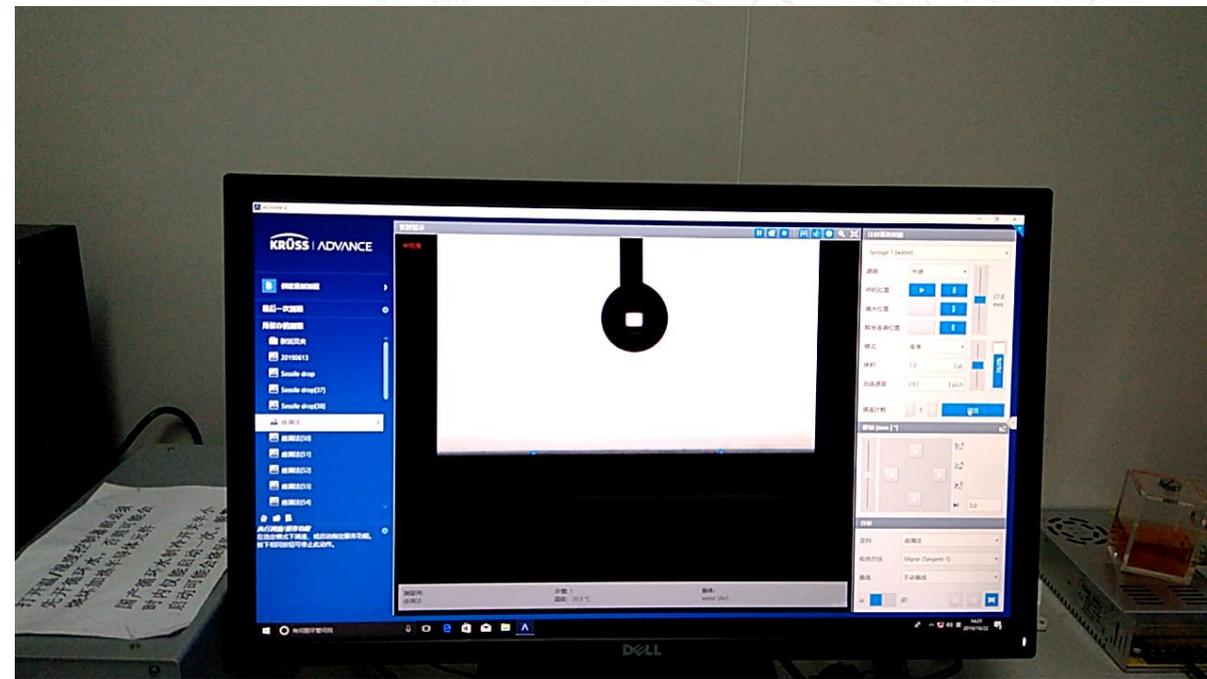
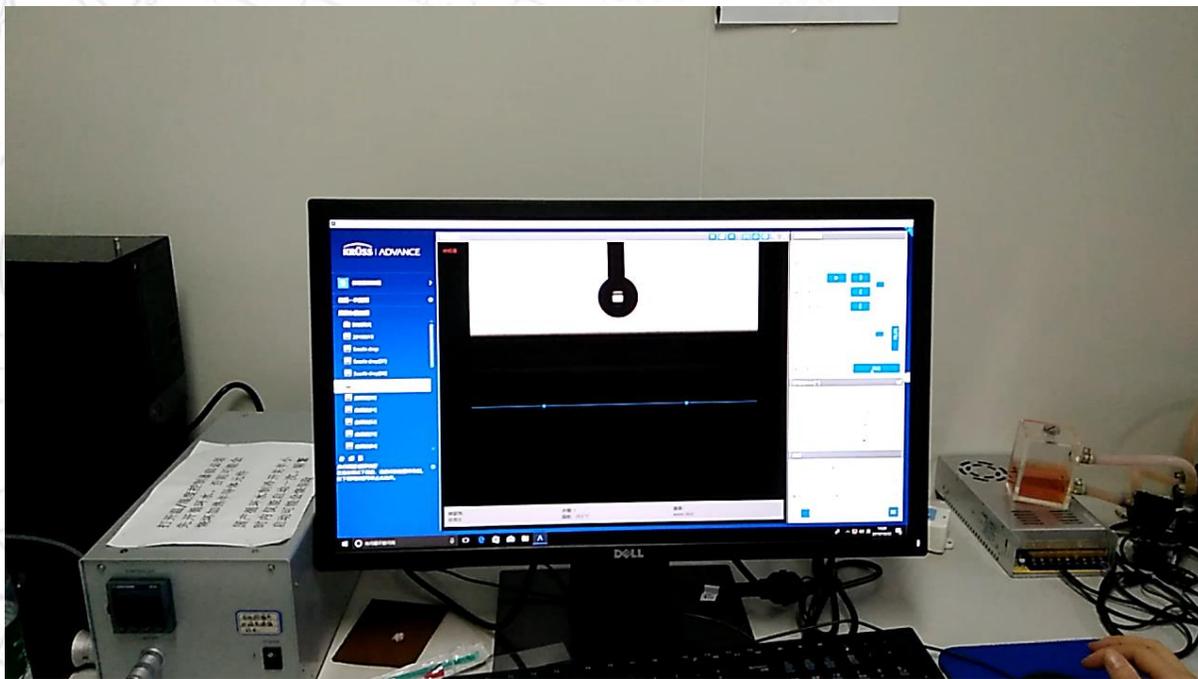
№	Краевой угол, θ°	$\cos \theta$	Значение	Форма капли
1	0	1	Супергидрофобная поверхность	
2	45	0,5	Частичное смачивание	
3	90	0	Гидрофильная поверхность	
4	180	-1	Растекание	

Угол смачивания поверхности с разными значениями свободной поверхностной энергии (СПЭ): 1 — низкое значение СПЭ (супергидрофобная поверхность); 2 — среднее значение СПЭ (частичное смачивание); 3 — высокое значение СПЭ (хорошее смачивание); 4 — самое высокое значение СПЭ (растекание)

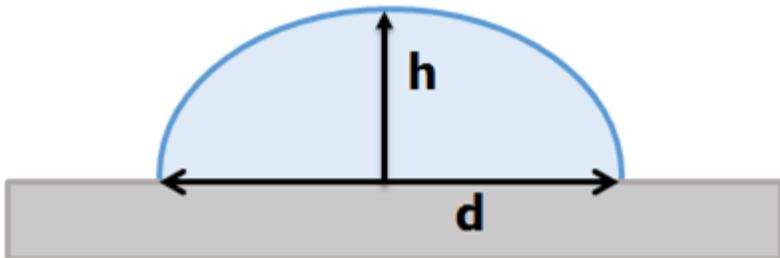
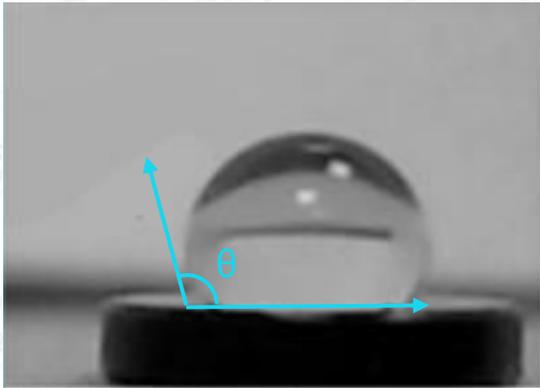
Определение краевого угла смачивания

Супергидрофобная поверхность

Гидрофобная поверхность



Определение краевого угла смачивания



$$\cos \theta = \frac{(d/2)^2 - h^2}{(d/2)^2 + h^2}$$

d – диаметр капли, мм

h – высота капли, мм

θ – краевой угол смачивания, °

