

**Современные  
представления о структуре  
поверхностных слоев в  
твёрдых и жидких  
материалах.**

Выполнил:  
Студент группы 15РФ(ба)КЭ  
Прокофьев А.А.

# Почему же поверхность вызывает всё возрастающий интерес исследователей?

- Исследованием адсорбции и катализа, так как поверхность именно та арена, на которой и происходят эти явления;
- Формировании упрочняющих покрытий, т.е. покрытий, способных противостоять воздействию коррозионных сред, механических нагрузок, высоких температур и т.д

Однако главное направление науки о поверхности – это физика полупроводников и создание полупроводниковых приборов:

а) именно от состояния поверхности зависит качество полупроводниковых приборов. Неустойчивость свойств поверхности, их неконтролируемые изменения с температурой и под влиянием окружающей среды и вызывают их нестабильность, а зачастую и выход из строя;

б) наиболее важно то, что поверхность это всегда граница раздела двух фаз. Следовательно, поверхность полупроводника находится во взаимодействии с обеими фазами, находящимися по обе стороны от нее.

**Поверхностью тела называют границу раздела фаз, на которой изменяются физические, механические и химические свойства, присущие данной фазе.**

Поверхностная фаза – чрезвычайно тонкий слой, существует в состоянии термодинамической устойчивости с объемом и обладает своей электронной и кристаллической структурами и свойствами. Поверхностной фазе, как и объемной, присущи области температурной и концентрационной устойчивости. В целом можно сказать, что поверхностная фаза – это новое вещество, хотя и состоящее из тех же атомов, что и объемное, но обладающее совсем другими характеристиками.

Когда пограничные слои тел не содержат посторонних примесей, поверхность называют чистой. В этом случае ее свойства также отличаются от свойств объема тела, однако эти различия уже не связаны с загрязнениями и объясняются обрывом кристаллической решетки на границе

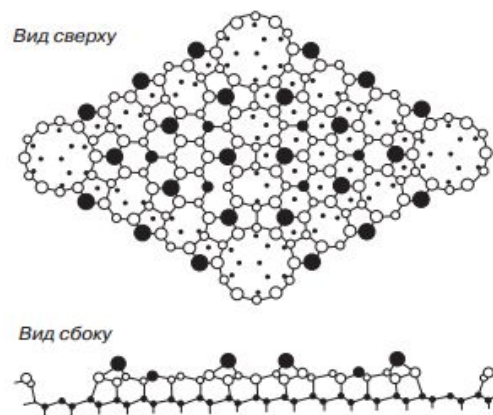


Рисунок 1 – поверхностная фаза

# Методы исследования твердых поверхностей

## Оже-электронная спектроскопия (ОЭС).

Суть метода в том, что атом, имеющий вакансию на внутреннем уровне, может перейти в невозбужденное состояние с испусканием электрона.

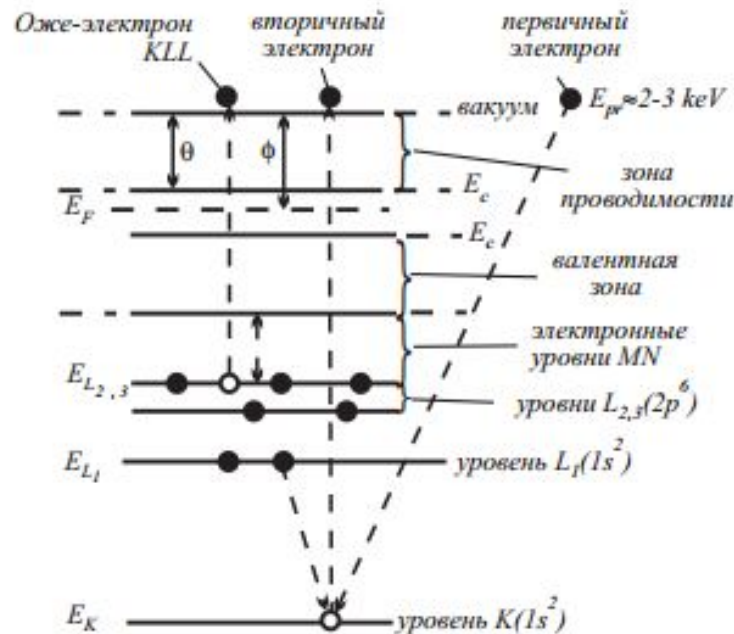


Рисунок 2 – схема Оже-перехода:

После ионизации К-уровня первичным электроном и заполнения образовавшейся вакансии электроном, например, с уровня  $L_1$ , высвободившаяся энергия может быть передана другим электронам, например, находящимся на уровнях  $L_{2,3}$ . Если эта энергия достаточна, электрон может вылететь из кристалла в вакуум. Это и есть оже-электрон, а такой переход называется  $KL_1L_{2,3}$ -переход.

## Дифракция медленных электронов (ДМЭ)

Позволяет ответить на вопросы: есть ли на поверхности упорядоченные структуры и что с ними происходит во время эксперимента. Метод ДМЭ, благодаря низким значениям энергии электронов, их малого проникновения в кристалл, несет информацию о самом поверхностном слое и поэтому весьма удобен для анализа поверхности. Любая регулярная поверхность с дальним порядком действует как атомная решетка, вынуждая медленные электроны дифрагировать. В результате появляется дифракционная картина.

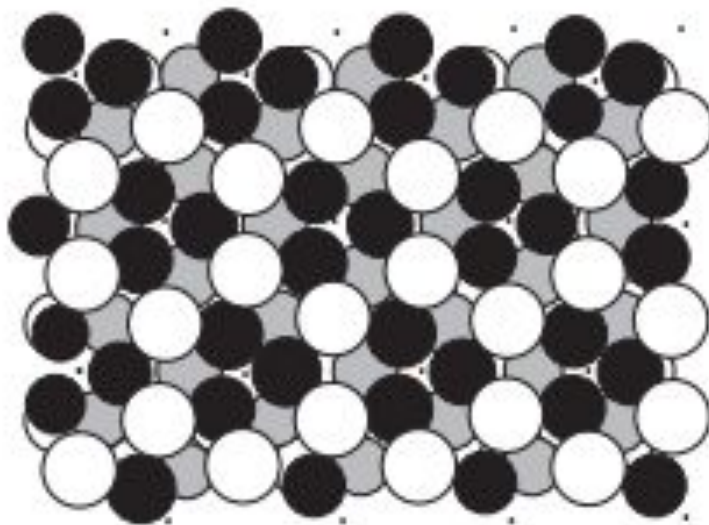


Рисунок 3 – кристаллическая структура. Результат нанесения в равновесных условиях одного монослоя золота на эту поверхность  $\text{Si}(111)7\times 7$  в сверхвысоком вакууме. Образуется уже другая структура, с периодичностью в корень из трех раз большей, чем у объемного кремния. К тому же новая решетка повернута относительно основной на 30 градусов. Вот так располагаются атомы золота на монокристалле кремния, если их нанести один монослой, а подложку нагреть, это видно благодаря методу ДМЭ.

\* Наиболее интересной особенностью жидкостей является наличие свободной поверхности. Жидкость, в отличие от газов, не заполняет весь объем сосуда, в который она налита. Между жидкостью и газом (или паром) образуется граница раздела, которая находится в особых условиях по сравнению с остальной массой жидкости. Молекулы в пограничном слое жидкости, в отличие от молекул в ее глубине, окружены другими молекулами той же жидкости не со всех сторон. Силы межмолекулярного взаимодействия, действующие на одну из молекул внутри жидкости со стороны соседних молекул, в среднем взаимно скомпенсированы. Любая молекула в пограничном слое притягивается молекулами, находящимися внутри жидкости (силами, действующими на данную молекулу жидкости со стороны молекул газа (или пара) можно пренебречь). В результате появляется некоторая равнодействующая сила, направленная вглубь жидкости. Если молекула переместится с поверхности внутрь жидкости, силы межмолекулярного взаимодействия совершат положительную работу.

\* Из механики известно, что равновесным состояниям системы соответствует минимальное значение ее потенциальной энергии. Отсюда следует, что свободная поверхность жидкости стремится сократить свою площадь. По этой причине свободная капля жидкости принимает шарообразную форму. Жидкость ведет себя так, как будто по касательной к ее поверхности действуют силы, сокращающие (стягивающие) эту поверхность. Эти силы называются силами поверхностного натяжения.

- \* Наличие сил поверхностного натяжения делает поверхность жидкости похожей на упругую растянутую пленку, с той только разницей, что упругие силы в пленке зависят от площади ее поверхности (т. е. от того, как пленка деформирована), а силы поверхностного натяжения не зависят от площади поверхности жидкости.

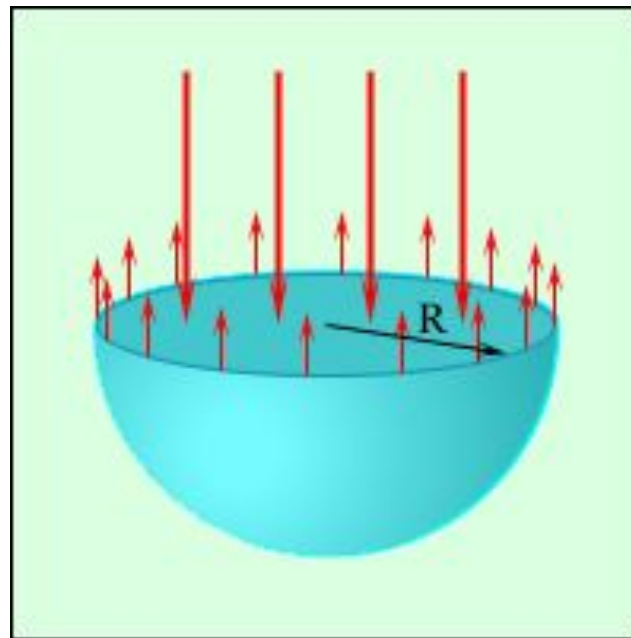
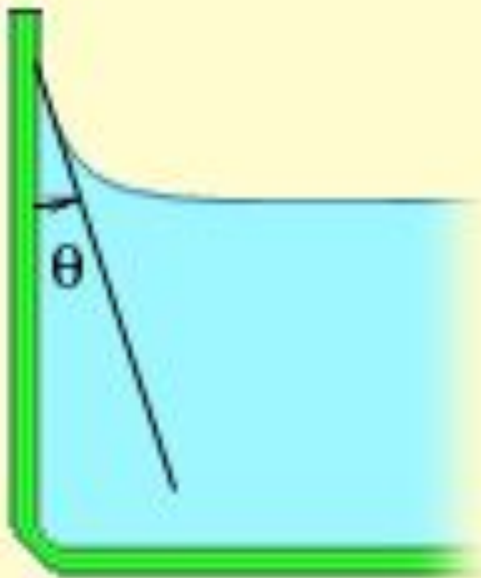


Рисунок 4 – Сечение сферической капли жидкости.

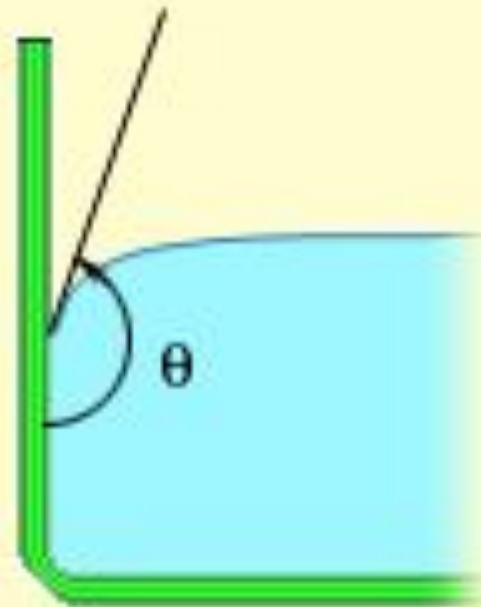


Вблизи границы между жидкостью, твердым телом и газом форма свободной поверхности жидкости зависит от сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела (взаимодействием с молекулами газа (или пара) можно пренебречь). Если эти силы больше сил взаимодействия между молекулами самой жидкости, то жидкость смачивает поверхность твердого тела.

В этом случае жидкость подходит к поверхности твердого тела под некоторым острым углом  $\theta$ , характерным для данной пары жидкость – твердое тело. Угол  $\theta$  называется краевым углом. Если силы взаимодействия между молекулами жидкости превосходят силы их взаимодействия с молекулами твердого тела, то краевой угол  $\theta$  оказывается тупым (рис. 4). В этом случае говорят, что жидкость не смачивает поверхность твердого тела. При полном смачивании  $\theta = 0$ , при полном несмачивании  $\theta = 180^\circ$ .



(1)



(2)

Рисунок 5 – Краевые углы смачивающей (1) и несмачивающей (2) жидкостей.



**Спасибо за внимание!**