

**Особенности поляризации тонких плёнок воды в поле
активной поверхности кристалла слюды**

Борисов В.С.

ИГУ, frenzy_phoenix@mail.ru

В работе исследованы особенности поляризации тонких плёнок воды, абсорбированной активной поверхностью раскола кристалла слюды. Теоретический анализ структуры и электрических свойств тонких плёнок проведен с использованием статистической теории Кирквуда, описывающей поляризацию полярных жидкостей. Проведено обобщение теории Кирквуда на случай сильных полей и в рамках данной теории рассмотрена модель полярных молекул воды, находящихся в поле активной поверхности кристалла. Электрическое поле поверхности кристалла задается функцией $F(h)$, имеющей вид убывающей экспоненты, так как поле на некотором расстоянии от поверхности становится очень мало по величине и не влияет на свойства и структуру тонких плёнок. Кроме того, поле поверхности задает выделенное направление в пространстве и приводит к наблюдаемой анизотропии свойств абсорбированной воды в направлениях параллельном и перпендикулярном плоскости поверхности. Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили сделать следующие выводы:

1. Эффективный дипольный момент молекул воды зависит от расстояния до поверхности и всегда меньше дипольного момента молекул объемной фазы воды. Введено понятие фактора вырождения R , определяющего степень уменьшения эффективного дипольного момента, и определена зависимость этого фактора от величины напряженности F поля поверхности и температуры T :

$$R(y) = 3 \left(\frac{1}{y^2} - \frac{1}{sh^2(y)} \right), \text{ где } y = \frac{F}{F_0}, \text{ а } F_0 = 6,5 \cdot 10^8 \text{ В/м при } T=293\text{К.}$$

С увеличением температуры эффективный дипольный момент приближается к собственному дипольному моменту молекул воды в свободном состоянии. Вблизи поверхности, где поле велико, происходит вырождение дипольно-ориентационной поляризации и имеет место лишь поляризация электронного смещения.

2. Фактор вырождения является оценкой молекулярной структуры плёнок и характеризует степень устойчивости закрепления молекул полем поверхности по отношению к воздействию внешнего электрического поля. Соответственно плёнку воды можно разделить на три характерные области (слои), первый из которых – граничный слой – является твёрдоподобным и содержит жестко ориентированные молекулы воды; второй представляет собой

диффузный слой, содержащий частично ориентированные молекулы, и третий, объемный слой, диполи молекул которого не имеют преимущественной пространственной ориентации. Таким образом, имеет место полислоенная структура рассматриваемых плёнок. Заметим, что в пределах граничного слоя водородные связи молекул вырождены и не играют заметной роли. По мере удаления от поверхности кристалла их влияние на структуру и свойства воды становится преобладающим.

3. Установлена зависимость диэлектрической проницаемости (ДП) тонких плёнок воды от их толщины. Показано, что для плёнок, состоящих из нескольких десятков монослоёв воды, ДП является линейной функцией их толщины. ДП граничной воды, находящейся в радиусе действия поля поверхности, зависит от активности этой поверхности и уменьшается в несколько раз по сравнению с ДП объемной воды. Экстраполяция экспериментальных данных и теоретические расчеты на основе принятой модели тонких плёнок показывают, что при уменьшении толщины плёнок их ДП приближается к значению 16,6. Плёнки, толщина которых много больше радиуса действия поля поверхности, близки по своим свойствам к объемной воде, и их ДП составляет около 80 ед. (в постоянном внешнем поле). Это обусловлено уменьшением влияния поля поверхности на эффективный дипольный момент молекул воды и уменьшением вклада граничных слоев на электрическую емкость системы.

4. Анализ экспериментальных данных зависимости ДП плёнки воды от ее толщины позволяет определить зависимость величины поля поверхности от расстояния до нее. В данной модели предполагается, что поле уменьшается с расстоянием по закону $F(h) = F_0 \exp(-h/h_0)$. В соответствии с этим определены величина F_0 поля вблизи поверхности и h_0 радиус действия этого поля. Вычисления показывают, что $F_0 = 1,8 \cdot 10^{10}$ В/м, а радиус действия электрического поля поверхности кристалла слюды составляет около 30 нм, т.е. порядка сотни молекулярных слоев. Полученные результаты свидетельствуют о высокой активности поверхностей расслоений, образованных при раскалывании кристаллов слюды вдоль плоскости спайности.

Сопоставление результатов теоретических расчетов с экспериментальными данными, таким образом, показало, что принятая теоретическая модель удовлетворительно описывает основные особенности поляризации тонких плёнок воды. Приведенный метод определения поля поверхности может применяться для анализа состояния поверхностей твердых тел и оценки плотности их активных центров. Дальнейшее исследование электрофизических свойств тонких плёнок воды связано с построением более строгой и точной теории поляризации и электропроводности воды, учитывающей влияние водородных связей на динамику взаимодействия молекул с поверхностью и друг с другом.