548.053(049.3)

ФИЗИКА ПОВЕРХНОСТЕЙ КРИСТАЛЛОВ

Solid Surface Physics.— Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag; 1979.— 221 p.— (Springer Tracts in Modern Physics. V. 85).

Вслед за выпуском в 1977 г. книги M. A. Van Hove, S. Y. Tsong «Surface Crystallography by LEED» и сборника обзоров под редакцией H. Ibach'a «Electron Spectroscopy for Surface Analysis», издательство «Шпрингер» опубликовало под одной обложкой еще два монографических обзора: «Работа выхода металлов» Й. Хёльцля и Ф. К. Шульте и «Физические и химические свойства ступенчатых поверхностей» Г. Г. Вагнера.

Первый из этих обзоров, занимающий 150 страниц и содержащий 510 литературных ссылок, подводит итог интенсивному исследованию работы выхода электронов с различных граней монокристаллов металлов, предпринимавшихся в течение последних 10—15 лет. Вместе с тем, Хёльцль и Шульте не предполагают у читателя знаний о всех предшествующих работах и ведут изложение систематически, начиная с определения работы выхода и краткого описания классической модели «желе». В теоретической части (45 стр.), написанной Ф. К. Шульте, прежде всего изложены основы применения формализма функции плотности и его использования в модели желе для чистых поверхностей, включая подход Ланга — Кона и его дальнейшее развитие. При этом изложение сосредоточено главным образом на физической интерпретации получаемых результатов. Автор разбирает влияние адсорбции на работу выхода, начиная с простейших качественных представлений о дипольном моменте адатома и вводя далее читателя в курс квантовомеханических расчетов локальной плотности состояний. Применение соответствующего аппарата Ньюнса — Андерсона (как и функции плотности) обсуждается прежде всего с точки зрения физической сути и вычисления эффективных дипольных моментов адатомов. Здесь же приведена сводная таблица вычисленных и измеренных дипольных моментов щелочных атомов металлов на Ni, W, Ta.

Очень интересны данные о том, что в приближении сильной связи упорядочение адатомов ведет к понижению работы выхода из подложки, что в свою очередь, ведет к минимуму на кривой работа выхода — степень покрытия. Изложены также основы подхода к определению работы выхода из сплавов.

Современная физическая картина, представленная в теоретической части обзора, существенно используется в последующих разделах, где Й. Хёльцль систематически и полно изложил экспериментальные результаты, а также эмпирические и полуэмпирические теоретические подходы. При этом специальный раздел (23 стр.) вводит читателя в курс классических и современных экспериментальных методов измерения работы выхода. При этом, как и в теоретической части, указываются физические и аппаратурные принципы методов без погружения в их детали, различные в разных лабораториях, что безусловно, оправдано и должно быть отнесено к достоинствам обзора. Вместе с тем читатель получает информацию о важнейших последних усовершенствованиях.

Обзор физических результатов для чистых поверхностей включает указание и качественное обсуждение эмпирических связей работы выхода с электроотрицательностью и связь последней с числом валентных электронов, влияние температуры и механических напряжений на работу выхода. Сведения о последних двух типах зависимостей фактически ограничены таблицами полученных экспериментальных данных. К сожалению, мало внимания уделено роли дефектов, в частности, возникающих при пластической деформации. Безусловно, очень полезной будет сводная таблица работ выхода из чистых металлов, измеренных разными авторами для разных металлов, их граней и условий опыта. Столь же информативна приведенная в следующем разделе сводная таблица работ выхода через поверхности с различными адслоями, с указанием знака производной работы выхода по поверхностной концентрации. Обе таблицы заключают данные последнего десятилетия. Эта последняя таблица содержит раздел о связи работы выхода с адсорбцией и практически очень важном использовании этой связи для измерения степеней покрытия.

Заключительный раздел обзора посвящен работе выхода сплавов и суммирует данные о связи работы выхода с составом объема и поверхности сплавов, а также с ориентацией граней.

На фоне обширной обзорной литературы по работе выхода обзор Хёльцля и Шульте следует отнести к наиболее фундаментальным и конструктивным.

Обзор Г. Вагнера (70 стр., литература — 135 ссылок) о ступенчатых поверхностях — первый, где результаты, касающиеся структуры и различных свойств вицинальных поверхностей, сведены воедино. Такая попытка вполне оправдана, так как, по существу, дает исходный материал для суждений о ступенях на поверхности, которые вместе с дислокациями представляют уникальные примеры квазиодномерных систем в кристаллах. Интересно и взаимодействие ступеней друг с другом. Г. Вагнер описывает прежде всего способы получения ступенчатых поверхностей (главным образом металлов, и в меньшей степени — полупроводников) и методы их наблюдения и исследования — полевую и электронную микроскопию и дифракцию медленных электронов. Анализ условий дифракции на ступенчатой поверхности включает данные о высотах ступеней (и ширине террас между ними), а также не вполне регулярном их расположении.

Помимо упомянутого методического раздела и введения (18 стр.), в обзоре рассмотрены свойства чистых ступенчатых поверхностей (21 стр.) и взаимодействие атомов и молекул со ступенчатыми поверхностями (27 стр.). Вопросы роста кристаллов, для которых свойства ступеней весьма существенны и давно изучались, практически не обсуждаются.

Структурные свойства чистых ступенчатых поверхностей представлены подборкой данных об изменении параметра решетки на поверхности (высоты ступеней), а также о реконструкции поверхностей путем объединения элементарных ступеней в двойные и макроскопические, в том числе при изменении температуры. Становление атомной шероховатости, детально изучающееся в литературе по кристаллизации, обсуждается лишь в общих чертах.

Электронные свойства чистых ступенчатых поверхностей начали изучать лишь в последние годы и данных здесь пока не много. Г. Вагнер, на мой взгляд, дает полную их сводку. Это, в частности, зависимость работы выхода для вольфрама, платины и золота от плотности ступеней на поверхности и следующие отсюда оценки дипольных моментов ступеней на поверхностях различной ориентации. Очень интересен и небольшой раздел «Поверхностные состояния» с обзором данных о дополнительных линейных состояниях на ступенях, существование которых оправдывается уже как экспериментами, так и расчетами, прежде всего для кремния. Цитируются также данные об изменении спектра поверхностных резонансов при перестройках поверхности металлов (вольфрам).

В связи с проблемой взаимодействия атомов и молекул со ступенчатыми поверхностями обсуждается кинетика и состояния адсорбции, структуры адслоев, каталитические реакции, рассеяние атомов и молекул ступенчатыми поверхностями и поверхностная диффузия. Здесь, в частности, внимание привлекает обсуждение сравнительно новых эффектов: изменение в несколько раз коэффициента прилипания кислорода и водорода на металлах на ступенчатых поверхностях по сравнению с гладкими и особенности его поведения при изменении плотности ступеней при различных степенях покрытия, изменение энергии связи с изменением плотности ступеней, данные об ускорении каталитических реакций по крайней мере в несколько раз, об образовании специфических промежуточных состояний химических реакций на ступенчатых поверхностях, дифракция атомных пучков (например, He, с длиной волны 0,62 Å) на ступенчатых поверхностях, позволяющих непосредственно «прощупать» их атомное строение.

Изложение во всей книге в целом отличается физичностью, концентрацией внимания на конструктивных и наиболее важных результатах, а также на наиболее свежих работах, книга хорошо иллюстрирована (102 рисунка на 220 страницах). Безусловно, что для всех, кто интересуется современной физикой поверхности, рецензируемые обзоры будут полезным пособием в работе.

А. А. Чернов