620,179.6(049.3)

ПЕРВАЯ МОНОГРАФИЯ О ВТОРИЧНОЭМИССИОННЫХ МЕТОДАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДОГО ТЕЛА

Шульман А. Р., Фридрихов С. А. Вторичноэмиссионные методы исследования твердого тела.— М.: Наука, 1977.— 551 с.

Современная микроминиатюризация приборов электронной техники показала недостаточность оперирования лишь объемными характеристиками вещества, выявив решающую роль в механизме работы деталей этих приборов поверхности, и потребовала отличного знания свойств последней — элементного и химического состава приповерхностного слоя, расположения в нем «своих» и «чужих» атомов, степени упорядоченности в этом слое, его электронной структуры и пр. В связи с этим и в теории твердого тела за последние 18—20 лет главное внимание начинают привлекать свойства поверхности — электроника обогащается физикой пленок. В обиходе физической терминологии теперь твердо укрепилось за указанным кругом вопросов назвапие физика поверхности, как особого раздела физики твердого тела. Для экспериментального изучения свойств поверхности (так называемой «диагностики поверхности») разрабатываются различные методы, использующие электронные, ионные и фотонные зонды. Одно из важнейших мест в диагностике поверхности занимают вторичноэмиссионные методы, которым и посвящена рецензируемая монография.

Она является совместным трудом двух известных советских физиков-электронщиков — профессоров А. Р. Шульмана и С. А. Фридрихова. Безвременная смерть А. Р. Шульмана в июне 1970 г. оборвала его работу над рукописью. Профессор С. А. Фридрихов завершил этот труд в 1975 г. и в 1977 г. книга была опубликована Главной редакцией физико-математической литературы издательства «Наука». Несмотря на вынужденную задержку с подготовкой рукописи к печати, монография А. Р. Шульмана и С. А. Фридрихова оказалась первой опубликованной в СССР псчерпывающей монографией о современных методах исследования поверхности твердого тела с помощью электронных пучков. Она пользуется широкой популярностью среди всех, кто имеет отношение к методам электронной спектроскопии и их использованию для днагностики поверхности твердого тела. Во многих лабораториях академических и прикладных НИИ, а также во многих вузовских лабораториях эта монография стала настольной книгой, хорошим справочным и учебным пособием по вопросам электронной спектроскопии твердого тела.

Книга состоит из 11 глав. Первая глава знакомит читателей с явлениями, наблюдаемыми при бомбардировке твердых тел электронами. Основное внимание авторы уделяют таким явлениям, как вторичная электронная эмиссия (на отражение и на прострел), зарядка плохопроводящих образцов и электронно-возбужденная проводимость. В этой главе вводятся основные понятия и дается определение величин (коэффициентов) и функций распределения, количественно характеризующих процессы взаимодействия электронов малых и средних энергий (от 1 эВ до 105 эВ) с твердым телом. По существу, в первой главе феноменологически рассматриваются процессы, которые лежат в основе электронных вторичноэмиссионных методов исследования поверхности и приповерхностных слоев твердого тела, за исключением излучательных процессов и процессов диссоциации соединений при электронном облучении.

Глава вторая, занимающая по объему более 20% текста, является центральной главой монографии. Она посвящена рассмотрению физических основ вторичноэмиссионных методов исследования поверхностных и объемных свойств твердого тела. В ней изложены теоретические основы таких методов, как дифракция медленных электронов (включая динамическую теорию дифракции), спектроскопия характеристических потерь энергии, ионизационная спектроскопия и электронная оже-спектроскопия (включая некоторые вопросы количественной оже-спектроскопии). Следует отметить доступность изложения при высоком уровне теоретического анализа всех рассматриваемых явлений.

Две последующие главы,— III и IV, особо важны для экспериментаторов. В третьей главе описываются типичные конструкции основных элементов, входящих в состав установок для исследования взаимодействия электронов с твердым телом: 1) источники электронных пучков (электронные пушки); 2) электронные энергоанализаторы и монохроматоры; 3) мишени; 4) коллекторы вторичных электронов. Здесь же рассматриваются способы очистки поверхности образцов и методы измерения толщины пленочных мишеней. Четвертая глава посвящена методам измерения интегральных коэффициентов, характеризующих вторичную электронную эмиссию (σ), упругое (r) и неупругое (η) отражение электронов. Здесь дан исчерпывающий анализ влияния паразитных токов (третичных и пр.) в случае различных измерительных схем, рассмотрены особенности экспериментальной техники при работе с медленными первичными электронами.

Вся вторая половина книги,— гл. V — XI, отведена исключительно, вопросам теории и практики эксперимента. В пятой главе рассмотрен важный для многих приложений вопрос о методах измерения эффективных пробегов первичных электронов в твердом теле и методах измерения эффективных длин свободного пробега различных групп вторичных электронов. В гл. VI описываются различные методы исследования пространственных, временных и амплитудных распределений электронов при упругом и неупругом отражении и при вторичной электронной эмиссии. Приведены типичные конструкции приборов для исследования дифракции медленных электронов, временной дисперсии и «статистики» вторичной электронной эмиссии. Гл. VII посвящена методам исследования вторичной электронной эмиссии диэлектриков. В частности, в нее включены предложенный в 1952 г. одним из авторов монографии так называемый метод одиночных импульсов, а также импульсно-растровые методы исследования вторичной эмиссии, усиленной полем.

С зарядкой диэлектриков приходится встречаться, как с мешающим явлением, при изучении дифракции электронов, оже-спектров и спектров характеристических потерь энергии электронов. С другой стороны, зарядка диэлектриков используется как полезный эффект для записи и хранения информации в различных типах потенциалоскопов. Вопросы измерения потенциала поверхности диэлектрических мишеней с исчерпивающей полнотой рассмотрены в гл. VIII. В гл. IX и X описаны методы исследования изменения проводимости полупроводников и диэлектриков при электронной бомбардировке. Вопросы, рассмотренные в гл. VII — X, обычно вовсе не затрагиваются или затрагиваются лишь мельком в обзорах и зарубежных книгах по электронной спектроскопии. В то же время при работе с плохопроводящими образдами проблемы зарядки образдов приобретают важное значение, особенно при количественном анализе результатов измерений.

ственном анализе результатов измерений.

Наконец, последняя гл. XI книги посвящена автоматическим методам регистрации и обработки результатов вторичноэмиссионных экспериментов, в частности, использованию ЭВМ для сбора и обработки данных и управления экспериментальной установкой. В этой главе приведены блок-схемы установок для автоматической записи энергегических спектров вторичных электронов и других зависимостей.

Таким образом, рецензируемая книга является первым опытом систематического изложения практически всего комплекса вопросов, относящихся к физическим основам, методике и технике электронно-зондовой диагностики поверхности твердого тела. Она была своевременно издана, уже принесла и, несомненно, еще принесет большую пользу научным работникам — физикам и химикам, металловедам и материаловедам, инженерам-технологам электронной промышленности и студентам соответствующих специальностей.