1962 г. Апрель *Т. LXXVI, вып. 4*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

Halbleiterprobleme (Проблема полупроводников).Bd. VI. Hrsg. von Prof. F. Sauter, F. Vieweg, Braunschweig, 1961, 345 S.

Рецензируемый шестой том хорошо известного издания Halbleiterprobleme (Проблема полупроводников) посвящен семидесятипятилетию проф. В. Шоттки, одного из основоположников физики полупроводников в Германии. Сборник содержит обзорные доклады по актуальным вопросам физики полупроводников, обсуждавшиеся на сессии Союза Немецких Физических Обществ в апреле 1960 г. Как уже отмечалось в рецензии, относившейся к предыдущему тому [1], можно провести параллель между издаваемой в СССР Академией наук по инициативе А. Ф. Иоффе серией обзоров «Полупроводники в науке и технике»[2] и рецензируемым изданием, содержащим главным образом работы немецких физиков.

Шестой том сборника «Halbleiterprobleme» содержит девять обзоров. Автором первого из них является швейцарский физик Г. А. Буш, известный своими выдающимися экспериментальными работами по исследованию свойств серого олова, ряда интерметаллических соединений и германия. Несколько лет назад подробный обзор Буша, посвященный экспериментальным методам физики полупроводников, был включен по предложению А. Ф. Иоффе в сборник «Полупроводники в науке и технике». Основной темой статьи Буша в «Halbleiterprobleme» являются методы определения эффективных масс в металлах и полупроводниках. Представление об эффективных массах как удобный формальный прием описания движения электронов в кристаллах много лет успешно используется в теории электронных процессов в твердом теле. С другой стороны, именно в связи с детализацией и усложнением зонной теории кристаллов, это понятие в какой-то мере перестало быть ясно осязаемым для экспериментаторов. Одной из задач работы Буша и представляется достижение необходимой четкости в применении формализма эффективной массы и определении тех границ, в пределах которых действительно необходимо пользоваться этим приближением. В ходе исследования свойств полупроводников, в дополнение к таким классическим методам эксперимента, как измерения электропроводности, эффекта Холла и термоэлектродвижущей силы, возникли новые принципы экспериментов, позволившие более детально выяснить особенности зонной структуры; сюда прежде всего можно отнести циклотронный (диамагнитный) резонанс и магнето-абсорбционный эффект (обнаружение уровней Ландау). Оба эти явления, имеющие квантовомеханическую природу, сводятся к изменениям плотности распределения электронных состояний в магнитном поле. При интерпретации экспериментальных данных, касающихся упомянутых эффектов, необходимо вводить эффективную массу, понятие которой приобретает здесь ясный смысл, а значение точно определяется. Далее автор рассматривает влияние магнитного поля на электропроводность и эффект Холла и обсуждает возможности определения эффективных масс в металлах.

Обзор Г. Лаутца «Электрические свойства полупроводников при низких температурах» представляет первостепенный интерес для большого круга исследователей, использующих современные методы электрических и оптических измерений при низких и сверхнизких температурах. Обзор содержит как важные технические подробности экспериментов, так и краткое, но четкое изложение сущности ряда физических явлений в полупроводниках, проявляющихся лишь в условиях низких температур (аномалии эффекта Холла, ударная ионизация примесных центров и т. п.). В обзоре использованы и упоминаются результаты большого числа (227) работ иностранных и советских авторов за время до середины 1959 г. Можно считать, что обзор Лаутца представляет собою ценное дополнение к опубликованному на русском языке обзору Джонсона и Ларк-Горовица на ту же тему[3].

Тема обзора голландских ученых Г. Йонкера и С. Ван-Гутена — современные сведения о физических свойствах окислов переходных металлов, таких, как NiO, TiO_2, MnO_2 и более сложных тройных соединений, например $CoFe_2O_4$ или $LaMnO_3$, несомненно, представляет большой интерес, в частности, в связи с перспективами

развития квантовой радиофизики в применении к твердому телу [4]. Как известно, еще Вильсон обратил внимание на то, что зонная теория в ее обычной форме неприменима к этим веществам, которые обычно рассматривают с точки зрения приближения Гейтлера— Лондона. Автор критически рассматривает возможности определения положения уровней энергии электронов и особенности методов измерений, которые необходимо применять при изучении этих полупроводников. Судя по научным работам, публикуемым в СССР, в настоящее время исследованиям в этом направлении (особенно экспериментальным) незаслуженно уделяется сравнительно мало внимания и работа Йонкера и Ван-Гутена может оказать существенную пользу тем исследователям, которые начнут работу в настоящее время.

Работа А. Гофмана, сотрудника известных лабораторий фирмы Сименс-Шуккерт (ФРГ), содержит ряд полезных новых данных о методике получения и измерений физических свойств сверхчистых монокристаллов кремния (с удельным сопротивлением до 100 000 *ом·см*, близким к «собственному») и монокристаллов кремния, содержащих примесные центры. Целый раздел работы посвящен исследованиям влияния малых концентраций золота на свойства кремния. В работе использованы как данные современных работ, выполнявшихся в США и других странах, так, в значительной мере, и оригинальные результаты самого автора и сотрудников лабораторий Сименс. Ввиду особо важного практического значения кремния в полупроводниковой электронике и многочисленных трудностей в получении чистого кремния и кремния с заданными свойствами, обзор Гофмана представит интерес для широкого круга советских читателей.

Обзор Ф. Курта (также сотрудника лабораторий Сименс) «Технические применения эффекта Холла» представляет определенный интерес в той части, в которой автор обсуждает возможности использования для приборов, основанных на использовании эффекта Холла, новых полупроводниковых материалов. В работе дано описание ряда конструкций приборов; некоторые из них аналогичны приборам, разработанным в СССР.

Обзор, написанный У. Биркгольцем (фирма AEG, ФРГ), посвящен последним достижениям в развитии полупроводниковых термоэлементов для практических применений. По нашему мнению, автор не отразил в полной мере современного состояния этой важной области применения полупроводников, не использовав многие из работ советских авторов. С другой стороны, работа Биркгольца несомненно содержит интересные технологические данные о термоэлементах.

Практические вопросы применения полупроводников — развитие полупроводниковых электронных приборов — представляют собой основную тему обзора Ф. Демельта (лаборатории «Телефункен», ФРГ). Избегая излишних технических подробностей, автор в весьма ясной форме кратко изложил сущность физических принципов, ставших основой для развития ряда новых полупроводниковых приборов: параметрических диодов, туннельных диодов, четырехслойных диодов и управляемых выпрямителей и, наконец, туннельных триодов. Несмотря на то, что принципы некоторых из упомянутых приборов были впервые развиты в СССР, и несмотря на имеющиеся в отечественной литературе работы, с нашей точки зрения, обзор весьма интересен. Он дает возможность физикам, не занятым разработкой приборов и не имеющим возможности систематически следить за литературой по полупроводниковой технике, ознакомиться с новыми идеями в полупроводниковой электронике. Было бы крайне желательно, чтобы обзоры советских авторов подобного типа систематически появлялись в «Успехах физических наук» или журнале «Приборы и техника эксперимента».

Работа Ф. Люти (ФРГ) «Электронные переходы, связанные с центрами окраски» несколько выходит за пределы тех вопросов, которые обычно включают в понятие «физики полупроводников». В значительной степени эта работа связана с явлениями люминесценции. Однако включение обзора, относящегося к электронным процессам в ионных кристаллах с широкой запрещенной полосой, в рецензируемый сборник естественно: с каждым годом становится все более ясным, что для понимания физических явлений в кристаллах необходим как единый теоретический подход, так и комплексные экспериментальные работы. Для выяснения характера электронных процессов, связанных с наличием в кристалле «точечных» дефектов, в качестве объекта особенную ценность представляют такие вещества, как фотопроводящие кристаллофосфоры. В качестве наиболее простого из подобных веществ Ф. Люти выбрал аддитивно окрашенные щелочно-галоидные кристаллы с F-центрами.

Работа Ф. Люти представит интерес не только для исследователей, непосредственно изучающих явления, связанные с F-центрами, но и для гораздо более широкого круга читателей, интересующихся вопросами фотопроводимости и люминесценции полупроводников, а также и возможностями развития новых принципов усиления и генерации света с использованием электронных переходов в кристаллах.

Наконец, обзор Ф. Штокмана (Карлсруэ, ФРГ) содержит весьма полезное рассмотрение вопроса о характеристиках «омических» контактов полупроводников и изоляторов с металлом. Экспериментаторам хорошо известно, что вопрос о контактах и их физических свойствах почти неизбежно встает в любой работе, связанной

с измерением электрических свойств кристаллов. С контактами в значительной степени связаны флуктуационные явления (шумы) в фотосопротивлениях и других устройствах. Нам кажется, что подробное ознакомление с обзором Штокмана принесет практическую пользу многим читателям.

В. С. Вавилов

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. С. Вавилов, УФН **74**, 759 (1961).
2. Сборник «Полупроводники в науке и технике» под ред. акад. А. Ф. Иоффе, М., Изд-во АН СССР.
3. См. [2], т. 2-й, стр. 626.
4. Н. Г. Басов, Ю. М. Попов, О. Н. Крохин, УФН **72**, 161 (1960).