

530.145(049.3)

ОБЗОРНАЯ МОНОГРАФИЯ О ТАММОВСКИХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СОСТОЯНИЯХ

С. Дэвисон, Дж. Левин. Поверхностные (таммовские) состояния и я. М., «Мир», 1973, 232 с.

В 1932 г. Игорь Евгеньевич Тамм опубликовал статью «О возможной связи электронов на поверхности кристалла»¹, в которой впервые показал, что вблизи свободной поверхности кристалла могут существовать связанные электронные состояния. Такие состояния были впоследствии названы таммовскими. За прошедшие с тех пор годы было опубликовано очень много работ, посвященных электронным поверхностным состояниям.

Однако нужно, вероятно, признать, что успехи теории, достигнутые за этот совсем не малый срок, довольно скромны. Во всяком случае, их нельзя сравнивать с огромным «прорывом» в области электронной теории неограниченного кристалла (теория электронной зонной структуры, фононных спектров и т. д.). Вместе с тем, несмотря на большие трудности, интерес к проблеме практически не ослабевал все эти годы и заметно усилился, начиная с 50-х годов, в связи с появлением полупроводниковых приборов.

К сожалению, в отечественной литературе работы по таммовским поверхностным состояниям почти отсутствуют. Из обзорных работ можно упомянуть лишь статью И. М. Лифшица и С. И. Пекара². Поэтому особенно интересной является рецензируемая книга — перевод из 25-го тома сборника «Solid State Physics» обзора известных американских специалистов С. Дэвисона и Дж. Левина³.

Книга содержит восемь глав. После введения (гл. 1) и краткого исторического очерка (гл. 2) в гл. 3 и 4 подробно описываются наиболее распространенные теоретические методы решения задачи о поверхностных состояниях — так называемый метод кристаллических орбиталей (использующий приближение сильной связи) и метод кристаллических потенциалов (простейшие модели типа Кронига — Пенни и проблема Маттё).

В гл. 5 более подробно рассматриваются некоторые трехмерные модели и обсуждаются связанные с ними трудности. Одна из возможностей обхода трудностей состоит в переходе от строгой квантовой постановки задачи к полуклассическим формулировкам.

В гл. 6 разбираются два взаимодополняющих полуклассических метода: так называемое приближение насыщенных связей и метод потенциалов Маделунга.

Гл. 7 посвящена сравнению теории и эксперимента. В этой главе анализируются основные физические следствия, связанные с возникновением поверхностных состояний, оцениваются экспериментальные методы (и даже методы приготовления поверхности: достижение «идеальной» поверхности — одна из проблем). Особое внимание уделяется весьма перспективному методу дифракции электронов с низкой энергией (LEED).

Последний параграф гл. 7 (по объему — почти четверть книги) посвящен подробному анализу результатов экспериментов для кремния, германия и полупроводниковых соединений типа A_3B_5 и A_2B_6 . Гл. 8 содержит заключительные замечания.

Рецензируемая книга — прекрасный и достаточно полный обзор состояния теории и эксперимента по электронным поверхностным состояниям. Следует отметить, что переводчик А. Я. Беленький и научный редактор Д. А. Киржниц сделали очень много для того, чтобы книга стала еще более полезной читателю: многочисленные комментарии и ссылки на новейшие работы, не вошедшие в обзор, в значительной мере покрывают издержки, связанные с естественным «старением» обзора.

И вместе с тем придирчивый читатель, особенно теоретик, уже размышлявший над проблемой, смог бы, наверное, предъявить авторам кое-какие «претензии». Главная «претензия» касается того, чего в книге нет. И хотя формулировать задачи иногда легче, чем их решать, хотелось бы все-таки отметить хотя бы два вопроса, не получивших в книге освещения.

В историческом обзоре авторы упоминают о попытках использования формализма псевдопотенциалов в теории поверхностных состояний, однако сколько-нибудь подробно этот вопрос не обсуждается. Вместе с тем метод псевдопотенциалов может оказаться весьма плодотворным. В последнее время, впрочем, уже после опубликования обзора, появился ряд интересных работ, посвященных исследованию таммовских состояний в металлах как простых, так и переходных. Переводчик дает ссылки на некоторые из них.

Второй вопрос касается таммовских состояний на «внутренних» поверхностях. Дело в том, что связанные состояния должны возникать не только на свободных поверхностях кристалла, но и на любых двумерных дефектах. Идеальным, с точки зрения «идеальности» поверхности, является в этом смысле дефект упаковки. Другой пример поверхности, на которой возможна локализация электронов, — это граница раздела фаз или межзеренная граница в поликристалле. К сожалению, в книге отсутствует даже постановка соответствующих проблем. Однако, к еще большему сожалению, и одновременно оправдывая авторов, следует отметить, что сейчас, пожалуй, никто еще не может сказать, каков вклад поверхностных состояний в энергии соответствующих дефектов и насколько важны эти состояния в реальных кристаллах, почти целиком из подобных дефектов состоящих.

Но повторяем: рецензируемая книга — единственный современный подробный обзор по таммовским состояниям, и она будет очень полезна всем физикам как теоретикам, так и экспериментаторам, как тем, кто еще не знаком с проблемой, так и тем, кто уже попробовал на ней свои силы.

В заключение хочется присоединиться к авторам, которые рассматривают свой обзор как скромную дань памяти замечательного ученого и человека Игоря Евгеньевича Тамма.

Г. Л. Краско

ЛИТЕРАТУРА

1. I. E. Tamm, Phys. Zs. Sowjet Union 1, 733 (1932).
2. И. М. Лифшиц, С. И. Пекар, УФН 56, 531 (1955).
3. S. G. Davison, J. D. Levine, in: Solid State Physics, Ed H. Ehrenreich, F. Seitz, and D. Turnbull), vol. 25, New York, Academic Press, 1970.