

ЗАПОРНЫЙ СЛОЙ (обеднённый слой) — слой *полупроводника* с пониженной концентрацией осн. носителей заряда. Образуется около контакта с металлом, гетероперехода, моноперехода (*p-n-перехода*), свободной поверхности. Из-за ухода осн. носителей в З. с. возникает заряд, противоположный им по знаку. Он скомпенсирован зарядом в металле, др. полупроводнике, в области с др. типом проводимости, на свободной поверхности (см. *Контактные явления в полупроводниках*). Приложение прямого смещения обогащает З. с. носителями, уменьшает в нём поле и сужает слой; обратное смещение ещё сильнее обедняет З. с. носителями, увеличивает поле и расширяет его. З. с. с полностью ионизированными примесными атомами наз. слоем Шоттки. З. с. — основной рабочий элемент *полупроводникового диода, транзистора, варикапа* и др. *полупроводниковых приборов*.

ЗАПРЕЩЕННАЯ ЗОНА — область значений энергии в спектре *идеального кристалла*, к-рому не могут иметь электроны, *фононы*, а также нек-рые другие *квантовые частицы*. Вместо З. з. часто говорят о щели в энергетич. спектре (см., напр., *Сверхпроводники*). З. з. отделяют одну разрешённую зону от другой (см. *Зонная теория*). Наибольшее значение имеет З. з. в электронном спектре кристалла, расположенная между зоной проводимости и валентной зоной, т. к. её величина E_g определяет электр. и оптич. свойства кристалла (именно её обычно указывают в справочниках). В зависимости от природы материала E_g меняется в широких пределах — от 7 эВ у кварца до 0 у т. н. *бесщелевых полупроводников* и отрицат. величины у *полуметаллов* (перекрывает валентной зоны и зоны проводимости). Вещества с $E_g > 3$ эВ относят к *диэлектрикам*, вещества с $E_g < 3$ эВ — к *полупроводникам*.

Ширина З. з. определяет концентрацию собств. носителей заряда и, следовательно, собств. проводимость проводника, а также наименьшую частоту света, при к-рой начинается собств. поглощение в полупроводниках (край собств. поглощения). Поэтому температурная зависимость электропроводности полупроводника и его спектр поглощения дают информацию о ширине З. з. Значения E_g , полученные этими методами (термическая и оптическая ширины З. з.), иногда не совпадают. В *ионных кристаллах* изменение электронных состояний вызывает значит. смещения ионов решётки, перестройка решётки сопровождается возвратом части энергии, затраченной на электронный переход. Этот процесс возврата требует времени, значительно превосходящего длительность акта поглощения. Поэтому на переход электрона из валентной зоны в зону проводимости под действием света будет затрачена энергия, соответствующая неизменной конфигурации решётки, а затем избыток энергии «возвратится» в виде тепловых колебаний решётки. В случае термич. ионизации атома решётки эти процессы могут происходить одновременно или в обратном порядке, т. е. тепловое движение сначала создаёт благоприятную конфигурацию атомов, а затем совершается электронный переход. В результате оптич. ширина З. з. может быть больше термической.

При нарушении идеальной периодичности кристалла из-за наличия примесей и дефектов в З. з. появляются разрешённые энергетич. состояния в виде *локальных уровней*.

В теории *неупорядоченных систем* используется обобщённое определение З. з. как области энергии, в к-рой плотность состояний либо равна 0, либо отлична от 0 лишь в отд. точках, где она имеет особенность типа *дельта-функции* (этим точкам отвечают дискретные уровни, т. е. локализованные электронные состояния). Определяемую таким образом З. з. называют также *щелью подвижности* (см. также *Аморфные и стеклообразные полупроводники*).

Лит.: Стильбанс Л., Физика полупроводников, М., 1967; Киттель Ч., Введение в физику твёрдого тела, пер. с англ., М., 1978; Электронная теория неупорядоченных полупроводников, М., 1981.

Э. М. Эпштейн.

ЗАПРЕЩЕННЫЕ ЛИНИИ в спектроскопии — спектральные линии, соответствующие квантовым переходам, запрещённым *отбора правилами*. Обычно запрещёнными наз. линии, для к-рых не выполняются правила отбора для дипольного излучения, напр. линии, соответствующие переходам, разрешённым для квадрупольного или магн. излучения. Такие З. л. связаны с переходами между уровнями энергии одинаковой чётности, запрещёнными для дипольного излучения. Вероятности запрещённых переходов (по сравнению с вероятностями разрешённых дипольных переходов) малы, но не равны нулю, и в благоприятных условиях интенсивность З. л. может быть значительной.

Интенсивные З. л. наблюдаются в спектрах туманностей и солнечной короны, а также в спектрах полярных сияний. Эти линии долгое время не удавалось отнести ни к каким атомным спектрам, и их приписывали гипотетич. элементам: линии в спектрах планетарных (газовых) туманностей — «небулию», а линии в спектре солнечной короны — «коронию». В 1920—30-х гг. было показано, что все ранее неотожествлённые интенсивные линии туманностей и солнечной короны являются З. л. Эти З. л. наблюдаются благодаря разреженности газа в космич. условиях, т. к. за время жизни возбуждённого состояния (значительное вследствие малой вероятности запрещённых переходов) возбуждённые атомы не успевают столкнуться с др. частицами и передать им энергию и, переходя на более низкие уровни, испускают фотоны. Интенсивные З. л. в спектрах туманностей принадлежат ионизованным атомам кислорода (O^{2+} и O^+) и азота (N^+), а З. л. в спектрах солнечной короны — очень сильно ионизованным атомам железа (Fe^{13+} , Fe^{12+} , Fe^{10+} и Fe^{9+}) и никеля (Ni^{14+} , Ni^{12+} и Ni^{11+}). Все эти линии соответствуют переходам между уровнями одинаковой чётности, принадлежащим внеш. электронным оболочкам типа $2p^2$, $2p^3$ (для ионов кислорода и азота) и типа $3p$, $3p^2$, $3p^4$ и $3p^6$ (для ионов железа и никеля). В частности, самая интенсивная зелёная линия «коронию» соответствует квантовому переходу $3p^2P_{3/2} - 3p^2P_{1/2}$ в 13-кратно ионизованном атоме железа (Fe^{13+}).

Исследование интенсивностей запрещённой линии лежит в основе определения темп-р планетарных туманностей.

Лит.: Ельяшев И. М. А., Атомная и молекулярная спектроскопия, М., 1962; Вайнштейн Л. А., Собельман И. И., Юков В. А., Возбуждение атомов и уширение спектральных линий, М., 1979.

М. А. Ельяшевич.

ЗАРЯД — физ. величина, являющаяся источником поля, посредством к-рого осуществляется взаимодействие частиц, обладающих этой характеристикой (электрич. З., слабый З., *цветовой заряд*). З. наз. также нек-рые аддитивные физ. величины, сохраняющиеся (точно или приближённо) в процессах превращения частиц, обусловленных определёнными типами взаимодействия (напр., *барионное число, лептонное число, гиперзаряд, странность*). При операции *зарядового сопряжения* все З. меняют свой знак (т. е. частица и античастица обладают равными по величине, но противоположными по знаку З.). Законам сохранения З. отвечает инвариантность теории относительно глобальных калибровочных преобразований (т. е. преобразований в пространстве *внутренних симметрий*). Для того чтобы сохраняющаяся величина выступала в качестве источника поля, теория должна быть инвариантной относительно локальных калибровочных преобразований (см. *Калибровочная инвариантность*). Создаваемые в этом случае поля являются *векторными полями*, а отвечающие им частицы — кванты полей — обладают спином 1 и должны быть безмассовыми. Взаимодействие между З., осуществляемое посредством таких полей, должно быть, вообще говоря, дальнедействующим (если нет *спонтанного нарушения симметрии*, благодаря