

ле с учётом спина (*Зеемана эффект*). Однако более тонкие релятивистские эффекты в атомах, обусловленные спином электрона, могут быть описаны лишь при учёте более высоких членов разложения релятивистского ур-ния Дирака по обратным степеням скорости света (см. *Тонкая структура*).

Д. В. Гальцов.

ПАШЕНА ЗАКОН — устанавливает, что наим. напряжение зажигания газового разряда между двумя плоскими электродами есть величина постоянная (характерная для данного газа) при одинаковых значениях произведения pd , где p — давление газа, d — расстояние между электродами. Сформулирован Ф. Пашеном (F. Paschen) в 1889. П. з. — частный случай закона подобия газовых разрядов: явления в разряде протекают одинаково, если при увеличении или уменьшении давления газа во столько же раз уменьшить или соответственно увеличить размеры разрядного промежутка, сохраняя его форму геометрически подобной исходной. П. з. справедлив с тем большей точностью, чем меньше p и d . См. также *Зажигания потенциал*.

Лит. см. при ст. *Электрические разряды в газах*.

ПАШЕНА СЕРИЯ — спектральная серия в спектрах атома водорода и водородоподобных ионов. В спектрах испускания П. с. получается при всех разрешённых излучательных квантовых переходах атома Н (и Н-подобных ионов) на уровень энергии с гл. квантовым числом $n = 3$ со всех вышележащих уровней энергии с $n_i > n$ (в спектрах поглощения — при обратных переходах).

ПАШЕНА — БАКА ЭФФЕКТ — состоит в том, что в сильных магн. полях сложное зеемановское расщепление спектральных линий переходит в простое (см. *Зеемана эффект*). Сильными следует считать магн. поля напряжённостью H , вызывающие расщепление уровней энергии $\Delta\mathcal{E} = \mu_B H$ (μ_B — магнетон Бора), превышающее расщепление *тонкой структуры*. В таких полях происходит упрощение картины расщепления — наблюдается расщепление линии на три компоненты (зеемановский триплет). Обнаружен Ф. Пашеном и Э. Баком (E. Back) в 1912.

ПЕКЛЕ ЧИСЛО — безразмерное число, являющееся *подобия критерием* для процессов *конвективного теплообмена*. Названо по имени Ж. К. Пекле (J. C. Peclet). П. ч. $Pe = vl/a = c_p \rho v / (\lambda/l)$, где l — характерный линейный размер поверхности теплообмена, v — скорость потока жидкости относительно поверхности теплообмена, a — коэф. температуропроводности, c_p — теплоёмкость при пост. давлении, ρ — плотность и коэф. теплопроводности жидкости или газа. Число Pe характеризует отношение между конвективным и молекулярным процессами переноса теплоты в потоке жидкости или газа. При малых значениях Pe преобладает молекулярная теплопроводность, при больших — конвективный перенос теплоты. П. ч. связано с *Рейнольдса числом* Re и *Прандтля числом* Pr соотношением $Pe = Re \cdot Pr$.

ПЕЛЬТЬЕ ЭФФЕКТ — выделение или поглощение тепла на контакте двух разнородных проводников в зависимости от направления электрич. тока, текущего через контакт. Открыт Ж. Пельтье (J. Peltier) в 1834. Мощность тепловыделения $Q = \Pi_{12} j$, где j — плотность тока, $\Pi_{12} = \Pi_1 - \Pi_2$ (Π_1, Π_2 — абс. коэф. Пельтье контактирующих материалов, являющихся характеристиками этих материалов). Причина возникновения П. з. заключается в том, что ср. энергии носителей заряда (для определённости электронов), участвующих в электропроводности, в разл. проводниках

различна, т. к. зависит от их энергетич. спектра, концентрации и механизма рассеяния (см. *Рассеяние носителей заряда*). При переходе из одного проводника в другой электроны либо передают избыточную энергию решётке, либо пополняют недостаток энергии за её счёт (в зависимости от направления тока). В первом случае вблизи контакта выделяется, а во втором — поглощается т. н. теплота Пельтье. Напр., на контакте полупроводник — металл (рис.) энергия электронов, переходящих из *полупроводника n-типа* в металл (левый контакт), значительно превышает энергию Ферми \mathcal{E}_F . Поэтому они нарушают тепловое равновесие в металле. Равновесие восстанавливается в результате столкновений, при к-рых электроны термализуются, отдавая избыточную энергию кристаллич. решётке. В полупроводник из металла (правый контакт) могут перейти только самые энергичные электроны, вследствие этого электронный газ в металле охлаждается. На восстановление равновесного распределения расходуется энергия колебаний решётки.

На контакте двух полупроводников или двух металлов также выделяется (или поглощается) теплота Пельтье, вследствие того, что ср. энергии участвующих в токе носителей заряда по обе стороны контакта различна.

Выражение для абс. коэф. Пельтье Π (носители заряда — электроны) имеет вид

$$\Pi = \frac{1}{e} \left[\frac{\int_0^{\infty} v f_1(\mathcal{E}) d g(\mathcal{E})}{\int_0^{\infty} v f_2(\mathcal{E}) d g(\mathcal{E})} - \mathcal{E}_F \right], \quad (1)$$

где \mathcal{E}, v — кинетич. энергия и скорость электронов, f_1 — неравновесная часть ф-ции распределения электронов, $g(\mathcal{E})$ — *плотность состояний*. Как видно из (1), коэф. Π представляет собой отклонение ср. энергии носителей в потоке от энергии Ферми \mathcal{E}_F , отнесённое к единице заряда. Для определения Π необходимо знать ф-цию $g(\mathcal{E})$ и найти $f_1(\mathcal{E})$, т. е. решить кинетич. ур-ние.

В случае параболич. закона дисперсии электронов проводимости $\mathcal{E}(p)$ (p — квазимпульс) и степенной зависимости длины свободного пробега l от энергии при отсутствии вырождения в полупроводнике коэф. Π определяется ф-лой

$$\Pi = \frac{1}{e} (r + 2 - \mathcal{E}_F / kT) kT. \quad (2)$$

Здесь $r = d \ln l / d \ln \mathcal{E}$ — параметр рассеяния, T — абс. темп-ра (см. *Рассеяние носителей заряда* в твёрдом теле); \mathcal{E}_F отсчитывается от дна зоны проводимости.

Как видно из (2), $e\Pi$ по абс. величине может достигать десятков kT . С увеличением концентрации электронов в вырожденном проводнике или уменьшением T величина Π уменьшается и при $(\mathcal{E}_F / kT) \geq 4$:

$$\Pi = \frac{1}{e} \frac{\pi^2}{3} \frac{r + 1}{\mathcal{E}_F} (kT)^2. \quad (3)$$

Коэф. Пельтье связан с коэф. *термовдс* α т. н. соотношением Томсона:

$$\Pi = \alpha T.$$

Это позволяет использовать для оценки Π результаты микроскопич. теории для α . Коэф. Пельтье, являющийся важной техн. характеристикой материалов, как правило, не измеряется, а вычисляется по α , измерение к-рого более просто.

П. з. используется в термоэлектрич. холодильниках и термостатах, а также для управления процессом кристаллизации за счёт выделения или поглощения тепла на границе жидкой и твёрдой фаз при пропускании электрич. тока.

Лит.: Ансельм А. И., Введение в теорию полупроводников, 2 изд., М., 1978; Аскеров Б. М., Электрические явления переноса в полупроводниках, М., 1985; Зеегер К., Физика полупроводников, пер. с англ., М., 1977; Стильбанс Л. С., Физика полупроводников, М., 1967.

З. М. Дашевский.

Эффект Пельтье на контактах полупроводник *n*-типа — металл; \mathcal{E}_F — уровень Ферми; \mathcal{E}_c — дно зоны проводимости полупроводника; \mathcal{E}_v — потолок валентной зоны.

