

В случае синглетной пары полупроводниковое состояние является немагнитным и характеризуется дополнит. пространственной модуляцией заряда электронов. Эта модуляция приводит либо к смещению ионов (и, следовательно, к изменению симметрии кристалла), либо к индуцированию макроскопич. дипольного электрич. момента и связанному с ним сегнетоэлектрич. упорядочению.

При триплетной спиновой структуре реализуется антиферромагн. состояние, обусловленное пространственной модуляцией плотности спина без модуляции заряда. Возможно также и существование синглетного и триплетного спариваний, т. е. одноврем. модуляции плотности заряда и спина. В этом случае возникает ферромагн. спиновое упорядочение.

2) Относительная разность фаз блоховских ф-ций электронов и дырок в волновой ф-ции конденсата пар существенно влияет на физ. свойства, в то время как в случае сверхпроводящего конденсата физ. свойства (наличие электрич. тока) определяются только градиентом соответствующей фазы. Величина фазы электронно-дырочного конденсата определяется взаимодействием, не сохраняющим число электронов (дырок) в каждой зоне. Именно из-за фиксации фазы электронно-дырочный конденсат не является «сверхтекучим». «Сверхтекучесть» же возможна только тогда, когда конденсат образуется из возбуждённых (напр., светом) электронов и дырок (см. *Электронно-дырочная жидкость*).

Если при нулевой относительной разности фаз (подразумеваемой выше) и при синглетной спиновой структуре возникает сегнетоэлектрич. упорядочение в полупроводниковом состоянии, то при относительной разности фаз, равной π , возникает состояние со спонтанным неоднородным током, замыкающимся на масштабе элементарной ячейки кристалла и приводящим к возникновению тороидного момента (см. *Анаполь*) ячейки и кристалла целом вместо электрич. дипольного момента в случае сегнетоэлектрика. В случае сильного взаимодействия $U \gg W$, δ_0 аналогичное состояние известно как фаза с потоком (flux phase).

По магн. структуре такое состояние соответствует орбитальному (неспиновому) антиферромагнетизму коллективизированных (блоховских) электронов. Его отличит. особенностью является диамагн. отклик на внеш. магн. поле, к-рый для сильно неоднородных систем может быть аномально большим (сверхдиамагнетизм).

Роль термодинамически сопряжённого поля к такому состоянию играет внеш. однородный электрич. ток, отклик на к-рый расходуется в точке фазового перехода — аналогично тому, как в случае сегнетоэлектрика расходуется отклик на однородное электрич. поле, а в случае ферромагнетика — на однородное магн. поле. Кроме того, состояние орбитального антиферромагнетика обладает магнитоэлектрич. свойствами, т. е. в нём возникает электрич. поляризация при воздействии внеш. магн. поля и намагничённость — при воздействии внеш. электрич. поля. Состояние орбитального антиферромагнетика (тороидное состояние) допускается в 31 магн. классе из 58 классов, допускающих магнитоэлектричество.

Отличит. особенностью такого состояния является отсутствие симметрии электронного спектра $\mathcal{E}(k, \sigma)$ как ф-ции квазиимпульса для спина σ . В неравновесных условиях (напр., при освещении) это свойство спектра приводит к фотогальванич. эффекту.

При триплетной спиновой структуре и относительной разности фаз, равной π , возникает полупроводниковое состояние со спонтанными токами спина, замыкающимися на масштабе элементарной ячейки.

3) Разл. симметрия блоховских ф-ций в разных зонах приводит к тому, что при заданной спиновой структуре и относительной разности фаз появляются разл. упорядоченные состояния. Так, рассмотренное выше состояние с тороидным моментом (орбитальный антиферромагнетизм) имеет место при противоположной относительно пространственной инверсии симметрии блоховских ф-ций в зоне проводимости и в валентной зоне.

Для такого же синглетного спаривания с той же разностью фаз, равной π , но при одинаковой симметрии относительно инверсии полупроводниковое состояние соответствует ферромагн. упорядочению.

Т. о., при фазовом переходе в состояние Э. д. кроме изменения типа проводимости от металлич. к полупроводниковому могут возникать разл. упорядоченные состояния, вид к-рых зависит как от преобладания того или иного типа межэлектронного взаимодействия, так и от симметрии блоховских волновых ф-ций. Если фазовый переход в состояние Э. д. происходит из полупроводникового же состояния, то именно появление к.-л. упорядочения однозначно характеризует фазовый переход.

Аналогичная ситуация имеется и в случае, когда из-за неполного нестинга поверхности Ферми образование конденсата пар электрон — дырка происходит лишь на части поверхности Ферми (частичная диэлектризация). Тогда при переходе в упорядоченное состояние в системе остаётся металлич. тип проводимости.

Лит.: Келдыш Л. В., Копаев Ю. В., Возможная неустойчивость полуметаллического состояния относительно кулоновского взаимодействия, «ФТТ», 1964, т. 6, с. 2791. Ю. В. Копаев.

ЭКСКЛЮЗИЯ (от лат. exclusio — исключение) — обеднение объёма полупроводника (или его части) свободными носителями заряда под влиянием их дрейфа во внеш. электрич. поле. Э. происходит в области, прилегающей к потенц. барьеру (напр., контакт металл — полупроводник, $p-n$ -переход или поверхность, см. *Запорный слой*), к-рый ограничивает поток носителей, втекающих через него. Если носители вытекают из области, прилегающей к барьеру, с высокой скоростью благодаря дрейфу во внеш. поле, то область обедняется носителями, причём тем сильнее, чем выше скорость дрейфа. С ростом внеш. поля протяжённость области Э. увеличивается. При протекании тока в полупроводнике с биполярной проводимостью область Э. может одновременно обедняться носителями заряда обоих знаков вследствие знаков максвелловской релаксации нескомпенсированного заряда свободных носителей. Размер этой области близок к длине амбиполярного дрейфа.

Б. И. Фуks.

ЭКСПОЗИЦИОННАЯ ДОЗА — см. в ст. *Доза*.

ЭКСПОЗИЦИЯ (количество освещения, световая экспозиция) — поверхностная плотность световой энергии: отношение световой энергии dQ , падающей на элемент поверхности dA , к площади этого элемента. Эквивалентное определение — произведение освещённости E на длительность освещения: $H = dQ/dA = \int E dt$. Э. выражают в лк · с. Понятие Э. удобно применять, если результат воздействия излучения накапливается во времени (напр., в фотографии). В системе энергетических фотометрических величин аналогичная величина наз. *энергетической экспозицией*.

Д. Н. Лазарев.

ЭКСТИНКЦИЯ (от лат. extinctio — гашение) — ослабление пучка света при его распространении в веществе за счёт поглощения света и рассеяния света. В общем случае ослабление пучка с начальной интенсивностью I_0 может быть рассчитано по *Бугера — Ламберта — Бера закону*: $I = I_0 \exp(-\beta l)$, где l — толщина поглощающего вещества, $\beta = \alpha + \rho$ — показатель Э. (*ослабления показатель*), равный сумме поглощения показателя α и рассеяния света показателя ρ . Показатель Э. имеет размерность обратной длины (m^{-1} , cm^{-1}). Безразмерный коэф. Э. равен сумме поглощения коэффициента и рассеяния света коэффициента среды. Показатели и коэф. Э. различны для разных длин волн света.

Л. Н. Канорский.

ЭКСТРАКЦИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА (от лат. extractio — извлечение) — обеднение полупроводника (диэлектрика) носителями заряда благодаря их вытягиванию в контакт с металлом или др. полупроводником. Э. н. з. — явление, противоположное *инжекции носителей заряда*. Э. н. з. происходит, когда внеш. электрич. поле совпадает по направлению с полем приконтактного потенциального барьера, что приводит к увеличению его высоты и преоблада-