

связаны с особенностью длины свободного пробега электронов основной полости поверхности Ферми (не затронутой Э. т. п.). Причина особенности длины свободного пробега — появление или исчезновение канала рассеяния электронов при изменении топологии поверхности Ферми.

Э. т. п. существенно проявляется в т. н. структурно-чувствительных характеристиках металла, определяемых структурной поверхностью Ферми. Так, при Э. т. п. изменяются спектр и амплитуда *квантовых осцилляций* в магнитном поле, определяемых экстремальными сечениями поверхности Ферми (см. *de Хааса—ван Альфена эффект*); изменяются гальваномагн. характеристики в сильном магн. поле, зависящие от того, открыта поверхность Ферми или замкнута (см. *Гальваномагнитные явления*); коэф. поглощения звука в коротковолновом пределе, определяемый электронами «пояска» на поверхности Ферми

$$kv = \omega, \quad (3)$$

где k и ω — волновой вектор и частота звука, v — скорость электронов. Обнаружение аномалий *магнетосопротивления* (наряду с особенностями темп-ры сверхпроводящего перехода, см. ниже) явилось первым эксперим. свидетельством существования Э. т. п.

Структура «пояска» (3) может быть изменена без Э. т. п. — при образовании вмятин или перетяжек на поверхности Ферми. Такое изменение локальной геометрии поверхности Ферми (обобщенный Э. т. п.) также приводит к аномалиям структурно-чувствительных свойств.

Э. т. п. проявляется также в виде аномалии в зависимости темп-ры сверхпроводящего перехода T_c от давления P : $\partial T_c / \partial P$ имеет максимум вблизи Э. т. п., причём структура этого максимума даёт возможность получить информацию о характере изменения поверхности Ферми.

Э. т. п. — частный случай электронных фазовых переходов — качеств. изменения электронной подсистемы металла. Электронные переходы разнообразны. К ним надо отнести переход из нормального в сверхпроводящее состояние (см. *Сверхпроводимость*), переход из парамагнитного в магнитоупорядоченное состояние (см. *Магнитный фазовый переход*), *переход металл — диэлектрик* и др.

Лит.: Лифшиц И. М., Об аномалиях электронных характеристик металла в области больших давлений, «ЖЭТФ», 1960, т. 38, с. 1569; Макаров В. И., Барьяхтар В. Г., Об аномалиях температуры сверхпроводящего перехода под давлением, «ЖЭТФ», 1965, т. 48, с. 1717; Каганов М. И., Лифшиц И. М., Электронная теория металлов и геометрия, «УФН», 1979, т. 129, с. 487; Егоров В. С., Федоров А. Н., Термозде в сплавах литий — магний при переходе $2^{1/2}$ рода, «ЖЭТФ», 1983, т. 85, с. 1647; Varlamov A. A., Egorov V. S., Pantsula A. V., Kinetic properties of metals near electronic topological transitions, «Adv. Phys.», 1989, v. 38, p. 469; Blanter Ya. M., Kaganov M. I., «Phys Repts», [в печати].

Я. М. Блантер, М. И. Каганов.

ЭЛЕКТРОНОГРАФ — прибор для исследования атомного строения вещества (гл. обр. твёрдых тел и газовых молекул) методами *электронографии*. Э. — вакуумный прибор, схема той его части, где формируется электронный пучок, близка к схеме электронного микроскопа. В колонне — основном узле Э. (рис. 1, 2 в ст. *Электронный микроскоп*) — электроны, испускаемые раскалённой вольфрамовой нитью, разгоняются высоким напряжением (от 30 кВ и выше — быстрые электроны и до 1 кВ — медленные электроны). С помощью диафрагм и магн. линз формируется узкий электронный пучок, направляемый на исследуемый образец, находящийся в спец. камере объектов и установленный на спец. столике. Для регистрации электронов используют, напр., люминесцентный экран или фотопластинку, чувствительную к потоку электронов, на к-рой создаётся дифракц. изображение (электронограмма). Э. снабжают разл. устройствами для нагревания, охлаждения, испарения образца, его деформации и т. д.

Э. включает также систему вакуумирования для создания глубокого вакуума (до 10^{-4} — 10^{-7} Па) и блок электропитания, содержащий источники накала катода, высокого напряжения, питания эл.-магн. линз и разл. устройств камеры объектов. Питающее устройство обеспечивает изменение ускоряющего потенциала по ступеням (напр., в Э.

«ЭР-100» 4 ступени: 25, 50, 75 и 100 кВ). Разрешающая способность Э. достигает $\sim 10^{-4}$ — 10^{-3} нм и зависит от энергии электронов, сечения электронного пучка и расстояния от образца до экрана, к-рое в совр. Э. может изменяться в пределах 200—600 мм. Управление совр. Э., как правило, автоматизировано.

Р. М. Имамов.

ЭЛЕКТРОНОГРАФИЯ — метод изучения структуры вещества, основанный на исследовании рассеяния образцом ускоренных электронов. Применяется для изучения атомной структуры кристаллов, аморфных тел и жидкостей, молекул газов и паров. Физ. основа Э. — *дифракция электронов*; при прохождении через вещество электроны, обладающие волновыми свойствами (см. *Корпускулярно-волновой дуализм*), взаимодействуют с атомами, в результате чего образуются дифрагированные пучки, интенсивность и расположение к-рых связаны с атомной структурой образца и др. структурными параметрами. Рассеяние электронов определяется эл.-статич. потенциалом атомов, максимумы к-рого отвечают положениям атомных ядер.

В *электронографах* и *электронных микроскопах* формируется узкий светосильный пучок ускоренных электронов. Он направляется на объект и рассеивается им, дифракц. картина (электронограмма) либо фотографируется, либо регистрируется электронным устройством. Осн. вариантами метода являются дифракция быстрых электронов (ускоряющее напряжение от 30—50 кВ и более) и *дифракция медленных электронов* (от неск. В до немногих сотен В).

Э. наряду с рентгеновским структурным анализом и *нейтронографией* принадлежит к дифракц. методам структурного анализа. Интенсивное взаимодействие электронов с веществом ограничивает толщину просвечиваемых ими образцов десятками долями мкм. Электронографы для быстрых электронов работают при ускоряющих напряжениях до 200 кВ. В наиб. распространённых электронных микроскопах, к-рые могут использоваться и в режиме микродифракции, напряжение обычно составляет 200—400 кВ, а в уникальных приборах — 1000—3000 кВ (соответственно возрастает до неск. мкм допустимая толщина образцов). Поэтому методами Э. изучают атомную структуру мелкокристаллич. веществ и монокристаллов, значительно меньших размеров, чем в рентгенографии и нейтронографии.

Вид электронограмм при дифракции быстрых электронов зависит от характера исследуемых объектов. Электронограммы от плёнок, состоящих из кристалликов, обладающих взаимной ориентацией, или тонких монокристаллич. пластинок, образованы точками или пятнами (рефлексами) с правильным расположением, от текстур — дугами (рис. 1), от поликристаллич. образцов — равномерно зачернёнными окружностями (аналогично *дебаеграммам*),

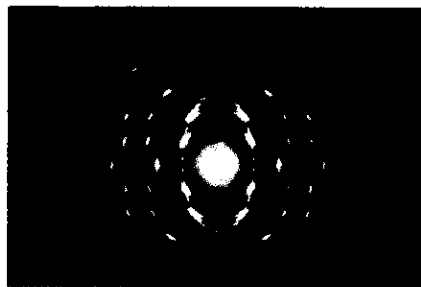


Рис. 1. Электронограмма, полученная от текстуры.

а при съёмке на движущуюся фотопластинку — параллельными линиями. Эти типы электронограмм получаются в результате упругого, преим. однократного, рассеяния (без обмена энергией с кристаллом). При многократном неупругом рассеянии возникают вторичные дифракц. картины от дифрагированных пучков (кикучи-электронограммы; рис. 2). Электронограммы от молекул газа содержат небольшое число диффузных ореолов.

В основе определения элементарной кристаллич. ячейки и симметрии кристалла лежит измерение расположения