

Экзамен. Свойства сверхпроводников (окончание).

Сверхпроводимость — это бозе-конденсация куперовских пар.

Сверхтекучесть гелия — бозе-конденсация атомов гелия. В сверхтекучем состоянии гелий протекает через длинную трубу без вязкого трения. Дело в том, что все атомы гелия находятся в одном состоянии с одинаковой скоростью, направленной вдоль оси трубы. При этом атомы не хотят неупруго рассеиваться на стенках трубы, так как при неупругом рассеянии атом окажется в другом состоянии не таком, как все другие атомы.

Сопротивление проводника связано с неупругим рассеянием электронов на узлах металлической решетки. При сверхпроводимости электроны парами движутся в одну сторону и не желают рассеиваться на положительных ионах сверхпроводника.

Факультативно. Электрический разряд в газе.

Если к воздушному промежутку между проводящими электродами приложить достаточно большое напряжение, то в газе наступает электрический пробой и загорается разряд.

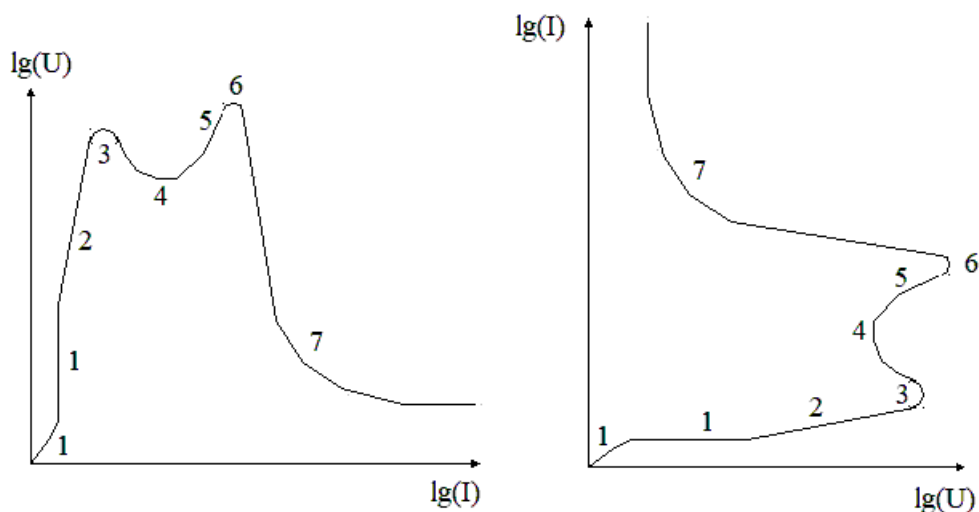
Возникновение электрического пробоя связано с тем, что в газовой среде всегда есть небольшое количество свободных электронов и положительных ионов. Частично эти заряженные частицы образуются в результате распада нейтральных атомов под действием высокоэнергетических частиц космического излучения. Из космоса постоянно прилетают частицы с высокими энергиями. Частично электроны в газе появляются в результате фотоэффекта, при котором фотоны света выбивают электроны из проводящих электродов, и, наконец, электроны образуются в газе в результате термоэлектронной эмиссии, при которой изредка электроны в соответствии с распределением Ферми — Дирака случайно получают энергию достаточную для того, чтобы покинуть проводящий электрод.

Приложенное между проводящими электродами напряжение ускоряет заряженные частицы в газе. Если напряженность электрического поля достаточно велика, то между столкновениями с нейтральными атомами газа заряженные частицы успевают набрать энергию достаточную для ионизации нейтральных атомов.

В результате таких неупругих столкновений образуются новые заряженные частицы — электроны и положительные ионы. Электрическое поле ускоряет их. При ударе снова образуются заряженные частицы и так далее. Это и есть электрический пробой газа или искра.

Отрицательно заряженные электроны стремятся к положительно заряженному проводящему электроду — аноду. Положительные ионы стремятся к отрицательно заряженному катоду. При ударе положительного иона о катод из катода могут быть выбиты новые электроны, которые по пути к аноду будут создавать новые пары электронов и положительных ионов. Таким образом, искра пробоя превращается в тлеющий газовый разряд. С ростом силы тока увеличивается площадь катодного свечения и падает напряжение на разряде. Когда катодное свечение покрывает весь катод, дальнейшее

увеличение тока разряда ведет к увеличению напряжения на разряде — это аномальный тлеющий разряд. Дуговой разряд возникает в случае сильного разогрева катода и многократного увеличения носителей тока за счет термоэлектронной эмиссии электронов катода.



1 — несамостоятельный разряд, ток $< 10^{-12}$ А/см²; 3-4-5 — тлеющий разряд, ток $(10^{-4} — 10^{-2})$ А/см²; 4-5 — аномальный тлеющий разряд (катодное свечение покрывает весь катод); 6-7 — дуговой разряд, ток > 0.1 А/см².

Отрицательное дифференциальное сопротивление разряда в газе.

Высокочастотный разряд.

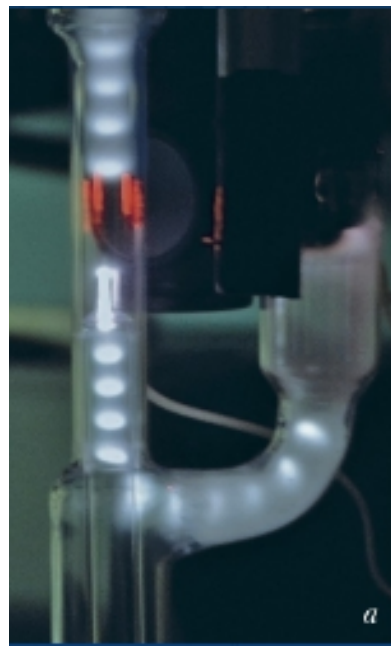
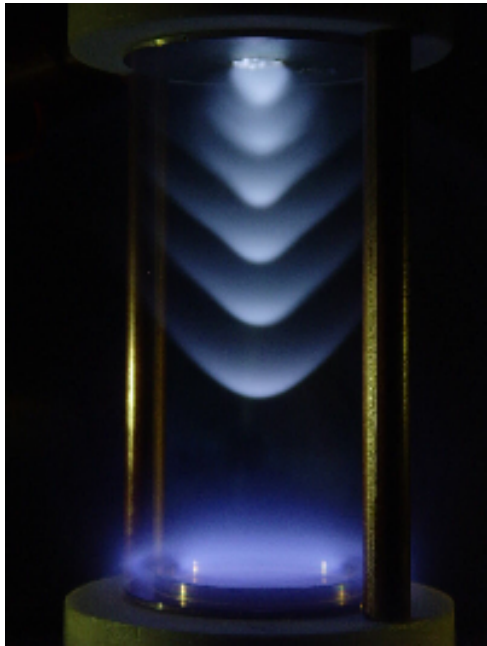
Трансформатор Тесла.

Страты газового разряда.

Электроны и ионы, разогнанные электрическим полем, не обязательно ионизуют нейтральные атомы при ударе с ними. Вместо этого возможно возбуждение нейтральных атомов, то есть переход атомов в энергетическое состояние с большей энергией электронной оболочки. При возвращении в состояние с наименьшей энергией атом излучает избыток энергии в виде светового фотона. По этой причине разряд в газе светится.

Электроны, выбитые из катода разрядной трубки, по мере ускорения электрическим полем не сразу достигают скорости достаточной для ионизации нейтральных атомов, и даже скорости достаточной для возбуждения атомов. В результате около катода образуется темное катодное пространство, в котором нет свечения газа. За темным катодным пространством следует светящаяся область газа, в которой ускоренные полем электроны отдают энергию атомам газа. Потеряв энергию, электроны снова какое-то время ускоряются без возбуждения атомов газа. В этой области возникает второе темное пространство. За ним идет снова светлое пространство, затем снова темное и так далее. Это так называемые страты газового разряда. Положение страт часто бывает неустойчивым, так как страты изменяют концентрацию поверхностного заряда на стенке трубки, а заряд на стенке изменяет положение страт. При этом часто возникают автоколебания положения страт. Эти колебания могут быть и неперiodическими.

Теория хаоса. Колебания страт часто оказываются непериодическими или хаотическими. Хаос — это состояние системы, при котором очень малые (бесконечно малые) изменения начальных условий радикально изменяют движение системы.



Амбиполярная диффузия.

Тлеющий разряд иногда называют плазмой положительного столба. Дело в том, что в разрядной трубке концентрация положительных ионов чуть-чуть превышает концентрацию электронов.

При одинаковой энергии электронов и ионов масса электрона в тысячи раз меньше массы иона, поэтому скорость электрона в десятки, а то и сотни, раз больше скорости ионов. Электроны летят хаотически, а не только к аноду. Часть электронов быстро достигает стенки разрядной трубки. При столкновении со стенкой часть электронов прилипает к стенке.

В результате на стенке образуется отрицательный заряд, а в объеме газового разряда — положительный объемный заряд. В цилиндрической разрядной трубке возникает радиальное электрическое поле, которое задерживает (не пускает к стенке) электроны и ускоряет положительные ионы. Это радиальное напряжение возрастает до тех пор, пока поток на стенку более быстрых, но замедленных радиальным полем, электронов не окажется уравновешенным потоком ускоренных положительных ионов.

В постоянном газовом разряде к стенке движутся и отрицательные электроны, и положительные ионы. Это явление называется амбиполярной диффузией. В обратном направлении от стенки разрядной трубки к ее оси движутся нейтральные атомы.

Пылевая плазма.

Если в газовый разряд добавить твердую пыль, то пылинки, как и стенки трубки, заряжаются отрицательно. Пусть катод разрядной трубки расположен внизу, а анод — наверху. Тогда электрическое поле, действуя на заряженные

пылинки, может уравновесить силу тяжести. Заряженные пылинки будут отталкиваться друг от друга своими отрицательными зарядами, образуя правильную структуру похожую на кристалл. Это так называемый пылевой кристалл.

Факультативно. Электробезопасность.

Смертельный ток: 0.1 А.

Порог чувствительности: 3 мА.

Типовое сопротивление кожи: 10 кОм.

Электрический стул.