

ФИЗИКА СВЕРХПРОВОДИМОСТИ

Саврухин А. П.

PHYSICS OF SUPERCONDUCTIVITY

Savrukhin Anatoly, Candidate of Science, assistant professor of Russian State University Forest, Korolev.

АННОТАЦИЯ

Заряд электрона является квантом заряда и потока электрической индукции, а его магнитный поток - квантом потока магнитной индукции. Подобно тому, как вводится электрическое поле через заряды, должно вводиться магнитное поле через магнитные моменты элементарных частиц. Сверхпроводящее состояние достигается путём поляризации атомов проводника в отсутствие свободных электронов, когда любые виды возмущений не превышают значения кванта действия.

ABSTRACT

The charge of the electron is a quantum of charge and flux electric induction, and its magnetic flux - quantum flux of magnetic induction. Just as you enter an electric field across the charge has entered, the magnetic field through the magnetic moments of elementary particles. The superconducting state is achieved by the polarization of the atoms of the conductor in the absence of free electrons, when any kind of disturbance does not exceed the value of the quantum of action.

Ключевые слова: электропроводность; сверхпроводимость; поляризация металлов.

Keywords: conductivity; superconductivity; polarization metals.

Свободные заряды

Убедительных доказательств существования "электронного газа" известные опыты не принесли [6, 22, 23, 28]. В работе [6] показано, что результаты Толмена и Стюарта [26] не только не доказывают наличие свободных электронов в металлах, но свидетельствуют об обратном. Добавим, что, поскольку теплоёмкость металлов, как и у диэлектрических кристаллов, подчиняется закону Дюлонга и Пти при температурах выше дебаевской (315 К у меди), свободные электроны в металлах не дают заметного вклада в теплоёмкость [13]; а с понижением температуры теплоёмкость линейно падает. В работе [20], например, утверждается, в согласии с зонной теорией, что при обмене энергией с кристаллической решёткой электрон может получить добавочную кинетическую энергию порядка $kT=8.6 \cdot 10^{-5}$ эВ/К, достаточную для перевода электрона из валентной зоны в зону проводимости. На самом деле даже при температуре 300 К это составит всего 1/300 от параметра ионизации. Например, в меди, с учётом зависимости теплоёмкости от температуры, плотность энергии при нагреве от 0 К до 300 К составят около $6.14 \cdot 10^2$ Дж/см³. При энергии ионизации атома меди 7.72 эВ и плотности атомов 8.510^{22} /см³, потребуется энергия с плотностью $1.05 \cdot 10^5$ Дж/см³, т.е. в 170 раз большая (температура $5.1 \cdot 10^4$ К). С другой стороны, энергии 7.72 эВ соответствует температура $8.9 \cdot 10^4$ К, характерная для плазмы. Делаем заключение: при нормальных условиях, тем более при температурах сверхпроводимости, свободных электронов нет, как нет и тока переноса зарядов.

Магнитное поле. Амперовы токи.

Имеющий магнитный момент электрон по форме магнитного поля подобен постоянному магниту. Постоянный магнит, как известно, теряет намагниченность при нагреве, ударах и даже потряхивании. Наоборот, образцы намагничивают просто проводя по их поверхности магнитом или приведя их во вращение. Потеря намагниченности есть нарушение "замороженного" состояния солидарной направленности в одну сторону магнитных моментов электронов. Разумеется, никаких амперовых токов тут нет.

Считается, что магнитное поле вокруг проводника порождается током. Так ли это? Когда источник питания подключают к проводнику, в нём создаётся электрическое поле напряжённостью E . Как и в диэлектрике, электроны разворачиваются так, что их магнитные моменты установятся перпендикулярно к направлению силовых линий поля E и образуют цепочку (рис. 1). Стрелками показаны направления силовых линий магнитного поля с

индукцией B . Например, если проводник прямой и имеет в сечении круг, то замкнутая цепочка расположится по окружности вблизи поверхности в плоскости, перпендикулярной проводнику.

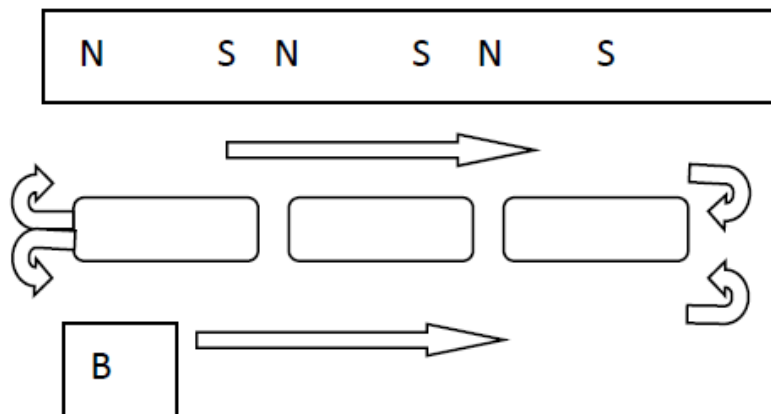


Рис. 1. Отрезок цепочки из магнитных моментов.

Энергия $W_L=0.5LI$ на организацию магнитных моментов электронов запасается вне проводника, как утверждается в работе [1] со ссылкой на Д.Г. Пойнтинга "...который показал, в развитие теории Максвелла, что электромагнитную энергию мы должны считать передающейся не внутри проводов а вдоль проводов через диэлектрик, окружающий эти провода, играющие лишь роль направляющих (axis of power, по Фарадею). Пойнтинг показал, что джоулево тепло, выделяющееся в объеме некоторого участка проводника, образуется в нем не за счет энергии, притекающей через ограничивающие этот объем сечения проводника, а за счет проникающей через его боковую поверхность части электромагнитной энергии, передаваемой вдоль проводник через пространство, его окружающее." В последующий период энергия расходуется в проводнике только на стабилизацию достигнутого положения магнитных моментов путём компенсации тепловых потерь.

Сверхпроводимость. Сверхпроводящие токи.

При понижении температуры сопротивление проводников уменьшается, и напряжённость электрического поля в сверхпроводнике ничтожно мала $E = 0$. Когда вещество состоит из целых атомов, оно находится в диэлектрическом состоянии. Происходит это вследствие полной компенсации внешнего поля дипольными моментами атомов и снижения напряжённости E ниже порога достаточности для ионизации атома в квантовом представлении. Так, сверхпроводящее кольцо сохраняет намагниченность будучи разрезанным поперёк (обнаружено Камерлинг-Оннесом [24]).

Итак, основные энергозатраты на поляризацию и создание магнитного поля имеют место только на стадии переходного процесса. В дальнейшем поток электромагнитной энергии компенсирует потери от возмущающих воздействий. Таковые отсутствуют в СП при температурах ниже критических, когда действие возмущений не превышают величину кванта действия h . На переменном токе вплоть до частот 10^{11} Гц рассмотренные процессы протекают со сменой полярности.

Поляризуемость

Суть не в проводимости, а в способности поляризоваться и создавать тем самым магнитное поле H при меньших значениях напряжённости E электрического поля. Поэтому сверхпроводники работают в режиме генератора тока. Диамагнетики Ag, Si, Ai легко поляризуются, имеют квантовый порог возмущения ниже h , поэтому не впадают в состояние

сверхпроводимости. По степени компенсации внешнего электрического поля они намного превышают способности обычных диэлектриков.

Поляризуемость металла определяется величиной его эффективной диэлектрической проницаемостью ϵ , которая лежит в пределах $1 \ll \epsilon \ll \infty$ [8]. В сверхпроводниках она на верхнем пределе, поскольку разность потенциалов на их концах равна нулю. Соответственно, имеется аналогия между электрическим полем постоянного тока в проводнике и электростатическим полем в диэлектрике. Так, аналогом вектора плотности тока проводимости δ является вектор электрического смещения D , аналогом удельной проводимости γ - абсолютная диэлектрическая проницаемость, аналогом тока I - поток вектора электрического смещения; аналогом заряда в электростатическом поле являются стоки сторонних электрических токов [25]. Поэтому в линиях электропередачи стремятся повышать напряжение, а не ток; увеличивать поток за счёт напряжённости электрического, а не магнитного поля.

Если проводник подключить к источнику, со скоростью света в нём возникнет продольное электрическое поле напряжённостью E . Не имеющее свободных зарядов вещество проводника поляризуется так, что магнитные моменты атомов образуют поперечное магнитное поле H . В этом отличие от диэлектриков. Вектор Умова-Пойнтинга $P = E * H$ направится внутрь проводника, и это та энергия, что нагревает проводник по всей длине одновременно. Если сначала в разрыв вставить сверхпроводник и подключить к источнику, процесс повторится. Теперь понизим температуру ниже критической. В сверхпроводнике поле H останется замороженным, а $E = 0$, поэтому в этом отрезке цепи нет теплового потока. А именно, энергия переносится электромагнитным полем по вакууму, а проводник есть направляющая. В сверхпроводнике в принципе нет тока (магнитное поле возникает как эффект поляризации), и, поскольку $E = 0$, поток энергии обходит место его расположения, не греет его. В передаче электрической энергии по проводам доминирующую роль играет именно движение, которое имеет место в диэлектрике, окружающем проводник. Передаваемая энергия течет не внутри проводов, но вдоль проводов через диэлектрик, их окружающий. Упругая деформация электрического смещения в диэлектрике — это конденсатор.

Пример. Рассмотрим цепь, состоящую из источника электрической энергии с разностью потенциалов U , нагрузки с сопротивлением R и соединяющей их линии передачи. Воздушная линия (кабель) представляет собой два тонкостенных коаксиально расположенных цилиндра с радиусами r_1 и r_2 , причём, с целью упрощения расчётов, примем $r_2 > r_1$ и $(r_2 - r_1) < r_1$. Также будем пренебрегать омическим сопротивлением линии. Мощность в нагрузке равна $P_n = UI = U^2/R$, а мощность, передаваемая линией $P_l = EHS$, где $E = U / \ln(r_2/r_1)g$, $H = I/2\pi r$, g - расстояние от оси линии, E - напряжённость электрического поля, H - напряжённость магнитного поля, $S = \pi(r_2^2 - r_1^2)$ - площадь кольца поперечного сечения линии, $I = U/R$ - прямой ток внешнего и обратный ток внутреннего цилиндра. После преобразований приближённо получим средние $E_s = 2Ur_1 / (r_2^2 - r_1^2)$, $H = U/nR(r_1 + r_2)$. Тогда $P_l = P_n 2r_1 / (r_1 + r_2)$, что при принятых приближениях означает практическое равенство мощностей в линии и в нагрузке.

Электрическое поле в коаксиальном кабеле имеет две компоненты: продольную и поперечную. Например, шины сверхпроводящего кабеля эквипотенциальны, а нагрузка - нет. Поэтому силовые линии E , идущие от шины, изгибаются в направлении разнопотенциальных точек нагрузки. Соответственно, имеется поток вдоль нагрузки. Тепловой поток вовне создаёт «тягу», поддерживая поток, создаваемый источником [21]. Изложенная здесь гипотеза косвенно подтверждается экспериментами.

Диэлектрическая проницаемость в металле при переменном токе - величина не постоянная, а динамическая с эффективной величиной $\gamma \sim 10^8$. Возникновение поляризационного тока вызвано процессом образования диполей [8]. "Диэлектрическую постоянную металлов мы можем принимать равную бесконечности. Дело в том, что и в металлах вполне возможна диэлектрическая поляризация, которая появляется в момент

возбуждения электрического поля... "[7]. Достигнуты значения 5 на материале $\text{La}_{0,67}\text{Ca}_{0,33}\text{MnO}_4$: $\delta H=127000\%$ и температуре 77К и $\delta H=1300\%$ при комнатной температуре [11].

Эффект магнитосопротивления (или гальваномагнитный эффект) - это относительное изменение электросопротивления δ при включении магнитного поля. В классических ферромагнетиках (Fe, Co, Ni и их сплавах) достигнуто максимальное значение $\delta=1,5\%$ в поле $H=10$ кЭ. Впервые гигантское магнитосопротивление было обнаружено в искусственно созданной магнитной сверхрешетке Fe/ Cr в 1988 г. (Baibich M.N., Broto J.M., Fert A. et al. Giant magnetoresistance of (001)Fe/ (001)Cr magnetic superlattices // Phys. Rev. Lett. 1988. Vol. 61. P. 2472-2476.). Величина δ при $T= 4,2\text{K}$ в поле $H=20$ кЭ превышала здесь 90% [2].

Опытным путём доказано намагничивание вращающегося ферромагнетика [4]. Опытным путём доказывают отсутствие как магнитного поля тока смещения в вакууме, так и самого тока смещения [9]. Новый сверхпроводниковый материал должен быть сжат под высоким давлением. Из него в перспективе можно будет изготавливать провода, которые будут работать при комнатной температуре [16]. Магнетизм способствует или даже отвечает за сверхпроводимость в сверхпроводниках на основе железа [17].

У ВТСП кристаллов $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_x$ (это исходно диэлектрик) магнитные характеристики сохраняются и после перехода в сверхпроводящее состояние. Это может указывать на существование двух типов электронов: одни частицы свободно перемещаются в объеме вещества, а другие — локализованные — отвечают за сохранение магнитных свойств [18]. Синтетическое соединение $\text{HgBa}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$, созданное научной группой под руководством Е. Антипова из МГУ, переходит в сверхпроводящее состояние при 135 К, а при сильном всестороннем сжатии — почти при 160 К [10]. В соединениях с магнетизмом локализованных электронов магнитные моменты составляют несколько магнетонов Бора на атом (ион). Первый механизм осуществляется через магнитное поле, которое индуцируется магнитными моментами и сверхпроводящими... [19].

Заключение

1. Именно заряд электрона является квантом заряда и потока электрической индукции, а его магнитный поток - квантом потока магнитной индукции. Подобно тому, как вводится электрическое поле через заряды, должно вводиться магнитное поле через магнитные моменты элементарных частиц [14,15].
2. Обобщённым критическим параметром сверхпроводника является напряжённость электрического поля E в проводнике, при котором ещё не происходит ионизация.
3. Сверхпроводящее состояние достигается путём поляризации атомов проводника в отсутствие ионизации при соответствующих условиях, когда любые виды возмущений не превышают значения кванта действия h .
4. Чем больше переходных зон смешанного состояния, тем больше объём сверхпроводящих зон, что полезно при нанесении плёнок сверхпроводников на поверхность металла. Поэтому примесные, интерметаллические и спечённые из керамики ВТСП (так как особенностью ВТСП является очень низкая концентрация носителей заряда) сверхпроводники имеют самые высокие критические параметры по сравнению с чистыми металлами. Перспективно также использование полупроводников вследствие наличия в них низкой плотности носителей заряда.

Библиография

1. Академик Миткевич В. Ф. "Избранные труды".—Москва - Ленинград: Изд. АН СССР, — 1996.-
2. Андреев А. Ф. // Журнал Экспериментальной и Теоретической Физики. — М.: —1964. — Т. 46. - С. 1823..
3. Боголюбов Н. Н., Толмачев Б. В., Ширков Д. В. Новый метод в теории сверхпроводимости. —М.: Изд-во АН СССР, -1958.

- . Барнетт С. Гиромагнитные эффекты и эффекты инерции электронов. // Успехи физических наук. —1937 г. — Т.18. — Вып.3.
5. Гинзбург В. Л., Андрияшин Е. А. Сверхпроводимость. — М.: Альфа-М, — 2006.
6. Гришаев А.А. Металлы: нестационарные химические связи и два механизма переноса электричества — Сетевой ресурс.
7. Голицын Б.Б. Исследования по математической физике (фрагмент о диэлектрической поляризации металлов. 1893 г.)// ЖРФМ. — 1991. - №2. -С. 66-67.
8. Заев Н.Е. и др. Измерение тока проводимости, возбуждаемого поляризационным током / ЖРФМ.: -1991. - № 2. -С. 68-81.
9. Задорожный В.Н. Ток смещения и его магнитное поле.// Электрик. — 2003. — №2.
10. Левин А. //Популярная механика — 2012—№4.
11. Нагаев Э. Л. Манганиты лантана и другие магнитные проводники с гигантским магнитосопротивлением // Успехи физических наук. — Т.166. - №8 - С. 833
12. Никитин С. А. Гигантское магнитосопротивление / / Соросовский обозревательный журнал. - 2004. - Т. 8. - № 2. - С. 92-98.
13. Поль Р.В. Учение об электричестве. «Физматгиз», — М.: —1962.
14. Саврухин А.П. Электромагнитное поле как компонента поля заряда. /Материалы VI Международной конф. «Проблемы современной электротехники-2000» // «Техническая электродинамика».—Киев — 2000. -Ч. 7. - С. 3-6.
15. Саврухин, А. П. Природа элементарных частиц и золотое сечение: Монография /А. П. Саврухин. — М.: Издательство Московского государственного университета леса. — 2004,— 204 С. <http://savrtikhin.narod.m/links.html>
16. Сетевой ресурс. —<http://solai.org.ua/mteresting/1206459549>.
17. Сетевой ресурс. — <http://innovanews.ru/info/news/hightech/9206/>
18. Сетевой ресурс, —<http://science.comptdenta.ru/446738/?mll2&mll3>
19. Сверхпроводимость в тройных соединениях. Т. 1-2, -М.: - 1985.
20. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Т.3, — М.: ФИЗМАТЛИТ. Изд. МИФИ, -2002. -С. 656
21. Тамм И.Е. Основы теории электричества. - М.: ФИЗМАТЛИТ, -2003.
22. Федюкин В.К. Не сверхпроводимость электрического тока, а сверхнамагничиваемость материалов. - СПб.: СПбГИЭУ, -2008. -112 с.
23. Федюкин В.К. «Сверхпроводимость электричества» как понятие о сверхъестественном явлении, тогда как в действительности оно есть метастабильное сверхдиамагничивание веществ. СПб: СПбГИЭУ, -2009.
24. Френкель Я.И. Сверхпроводимость. - М.-Л.: ОНТИ, -1936. -19
25. Шмелев В.Е., Сбитнев С.А. Теоретические основы электротехники. Теория электромагнитного поля: Учеб. пособие. Владим. гос. ун-т. — Владимир: - 2003, -145 с. ISBN.
27. Morpurgo A.F.etal. //Science, -1999, - 286, -p.263
28. TolmanR.C, T.D.Stewart. // Phys.Rev. -8 (1916) 97с.
29. Vasiliev B.V. Superconductivity as a consequence of an ordering of the electron gas zero-point oscillations // Physica C. - 2011. - Vol. 471. - С. 277 - 284.