

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СОСТОЯНИЯ СФЕРЫ ИЗ СВЕРХПРОВОДНИКА

А. Мешковский

Исследовалась структура областей промежуточного состояния оловянного шара путем измерения поля в различных точках между двумя полусферами методом очень малого подвижного висмутового измерителя поля. Получены двумерные картины распределения областей по экваториальному сечению шара при переходах образца из сверхпроводящей фазы в нормальную и из нормальной в сверхпроводящую.

Как известно, переход сверхпроводящих образцов в нормальную фазу, и обратно, в присутствии магнитного поля приводит к расслоению образца в некотором интервале полей и температур на макроскопические области сверхпроводящей и нормальной фаз. Исследование этого состояния образца, называемого промежуточным, было предметом многих работ, но наличие сверхпроводящих и нормальных областей в промежуточном состоянии было установлено лишь недавно Шальниковым [1], а структура областей подробно исследовалась Мешковским и Шальниковым [2, 3]. Распределение областей изучалось как на поверхности сплошного сферического образца [3], так и внутри образца, представлявшего собою две полусферы, раздвинутые друг от друга на расстояние, малое по сравнению с их диаметром [2], причем было доказано, что разделение сферического образца на две полусферы не искажает картины распределения областей в образце.

Метод исследования структуры промежуточного состояния, примененный Шальниковым и Мешковским, заключался в измерении величины магнитного поля в различных точках как на поверхности образца, так и внутри него, с помощью очень малых подвижных висмутовых проволочек, зависимость сопротивления которых от величины магнитного поля определялась заранее. Этим методом было исследовано распределение поля вдоль меридиана сплошного сферического образца от экватора до полюса и далее по тому же меридиану от полюса до экватора<sup>1</sup>, а также в щели между двумя полусферами, плоскости которых были перпендикулярны внешнему полю. В последнем случае поле измерялось вдоль диаметра шара. Таким образом исследование структуры промежуточного состояния в обоих случаях производилось только в одном измерении, что не позволяло сделать полного заключения о характере распределения областей на всей поверхности образца и внутри него.

Целью настоящей работы являлось исследование двумерной картины распределения областей промежуточного состояния в сферическом образце путем измерения магнитного поля в различных точках между двумя полусферами. Другими словами, была поставлена задача получить „снимок“ сечения шара, находящегося в промежуточном состоянии.

<sup>1</sup> Под экваториальным сечением шара, находящегося в однородном магнитном поле, понимается сечение его плоскостью, перпендикулярной вектору напряженности поля и проходящей через центр шара.

нии, плоскостью, перпендикулярной магнитному полю и проходящей через центр шара.

### Экспериментальная часть

Исследовались две монокристаллические полусферы из олова „Сметриге“ (чистота 99,96%), изготовленные ранее [2]. Радиус полусфер — 19,7 мм. Расстояние между полусферами равнялось 0,2 мм.

Висмутовые измерители поля были приготовлены по способу, подробно описанному ранее [2], и монтировались на слюдяной ленте (см. рис. 1). Лента состояла из двух слюдяных полос шириной 10 мм и толщиной 20  $\mu$ , наложенных друг на друга и склеенных шеллаком. Между обеими слюдяными полосами были вклеены токовые и потенциальные подводные проводники. Измерители располагались по середине ленты в окошечках 1, 2 и 3 диаметром 1 мм, вырезанных в одной из полос.

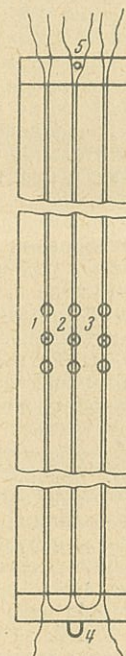


Рис. 1



Рис. 2

В целях увеличения вероятности удачного опыта на ленте были смонтированы сразу три измерителя, поскольку выяснилось, что измерители, прошедшие испытания даже при температуре жидкого воздуха, часто либо вовсе лопались при охлаждении до гелиевой температуры, либо теряли свою чувствительность к магнитному полю вследствие появления микротрещин. Все три измерителя были соединены между собою последовательно, но из рисунка видно, что при аварии любого из них каждый оставшийся сохранял по паре токовых и потенциальных концов. На ленте было сделано отверстие 5, оправленное в медную фольгу, и ушко 4 для присоединения к ним тяжей. Толщина собранной ленты составляла 60  $\mu$ , а длина — 100 мм.

На рис. 2 показана конструкция подводных проводников. 1 — медные ленты, полученные прессовкой из проволоки диаметром 30  $\mu$ . 2 — платиновые проволочки диаметром 15  $\mu$ , покрытые слоем серебра толщиной 3—4  $\mu$  и припаянные оловом к медным лентам. Чтобы спай не увеличивал общей толщины ленты, места спаивания располагались в окошечках покрывающей слюдяной полосы. 3 — висмутовый измеритель, спаиванный с платиновыми проволочками по способу, описанному ранее [2]. Из трех измерителей, смонтированных таким образом, для работы в жидком гелии оказались пригодными два — длиной 0,24 мм и длиной 0,17 мм. Ширина измерителей не превышала 10  $\mu$ . При  $T = 4,2^\circ\text{K}$  сопротивление измерителей составляло соответственно 0,35 и 0,13  $\Omega$ .

Для передвижения ленты был сконструирован и изготовлен механизм изображенный на рис. 3. На этом же рисунке показан общий монтаж всего прибора. Шар 1 зажат между латунными кольцами 2. Щель в шаре располагалась вертикально,

магнитное поле было направлено горизонтально, перпендикулярно плоскости чертежа. К ленте 3 прикреплены тяжи 4 и 5, проходящие через систему роликов. Два из этих роликов, 6 и 7, укреплены на движках 8. Каждый движок имеет шпенец 9, свободно скользящий в прорези накладки 10, укрепленной на опорном диске 11. Через движок проходит вал 12 с винтовой нарезкой, опирающийся на разборные стойки 13. На вал надето червячное колесо 14, приводимое в движение червяком 15. Оба червяка насажены на вал 16, проходящий через опорные диски 11 и несущий диск 17. Вал соединен со стейбритовой трубкой 18. Тяж 5 присоединен к грузу 19, проходящему через ограничительную трубку 20, укрепленную в нижнем опорном диске. Тяж 4 присоединен к бронзовой проволоке 21. Несущий диск 17 укреплен на стейбритовой трубке 22, впаиваемой в крышку дьюара 23. На верхнем конце трубки находится штуцер 24, через который свободно проходит проволока 21. На штуцер надет нижний конец резинки 25, верхний конец которой надет на цилиндр 26, скрепленный с проволокой 21. Эта система изоляции от атмосферы имеет то преимущество перед обычным сальником, что исключает трение, недопустимое в данном случае. К цилиндру 26 прикреплена пластина 27, расположенная в прорези ограничительной трубки 28. Стейбритовый привод 18 проходит через сальник и оканчивается счетчиком оборотов 29.

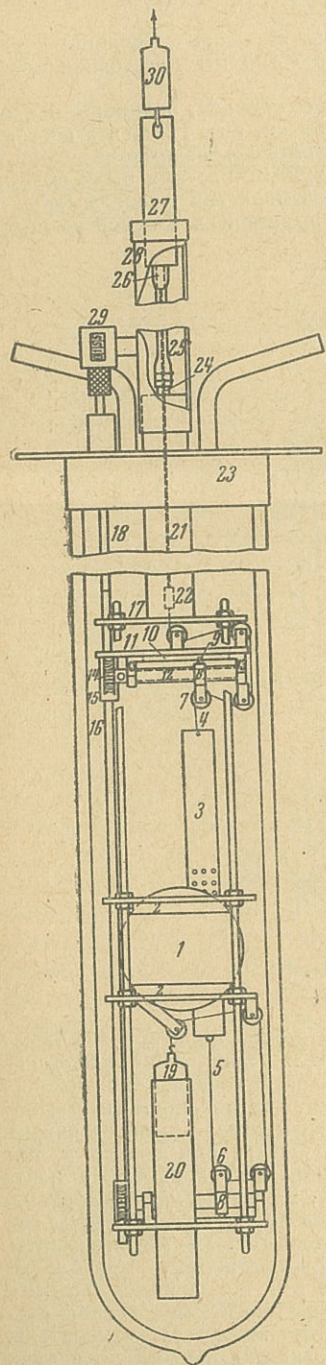


Рис. 3

Ниже будут описаны результаты трех опытов. В опыте I исследовалась структура промежуточного состояния шара при температуре 3°K и поле 70 Oe. Переход в эту точку промежуточного состояния

осуществлялся путем перевода образца из сверхпроводящей фазы в нормальную увеличением внешнего поля при постоянной температуре. В дальнейшем этот переход будет называться переходом  $S \rightarrow N$ . В опыте II исследовалась точка, несколько более близкая к сверхпроводящей фазе:  $T = 3^\circ\text{K}$ ,  $H = 68,5$  Oe; переход  $S \rightarrow N$ . Этот опыт был непродолжителен, вследствие аварии прибора, но его результаты все же представляют интерес. Опыт III:  $T = 2,85^\circ\text{K}$ ,  $H = 81$  Oe. Переход в промежуточное состояние был осуществлен путем перевода образца из нормальной фазы в сверхпроводящую уменьшением температуры при постоянном внешнем поле. Этот способ перехода будет называться в дальнейшем переходом  $N \rightarrow S$ .

Измерения производились следующим образом. При данном фиксированном положении движков 8 лента опускалась в крайнее нижнее положение, соответствующее выходу измерителя из шара. Затем в ушко пластины 27 продевался крючок груза 30, присоединенного к тонкой стальной проволоке. Проволока наматывалась на шкив, укрепленный на оси барабана с фотоленкой, на которую падал световой луч от короткопериодного гальванометра потенциметрической установки. Полный оборот барабана, занимавший по времени 3 мин., соответствовал передвижению измерителя на длину диаметра шара. После получения записи распределения магнитного поля вдоль данной хорды экваториального сечения шара лента, несущая измеритель, перемещалась на требуемое расстояние в горизонтальном направлении. Для этого приводился во вращение привод 18, вследствие чего передвигались движки 8, несущие ролики 6 и 7, за которыми перемещалась и лента 3, оттягиваемая грузом 19. Затем лента опускалась в нижнее положение, и производилась запись поля вдоль следующей хорды.

### Полученные результаты

Таким образом описанный здесь механизм перемещения измерителя поля в двух направлениях позволял получать картины распределения областей вдоль ряда хорд экваториального сечения шара. Так как измеритель при этом располагался перпендикулярно хорде, вдоль которой двигался, то ясно, что для получения полной двумерной картины необходимо было, чтобы интервал между хордами был примерно равен длине измерителя. Этот интервал был выбран равным 0,21 мм, что соответствовало 5 оборотам привода червячного механизма.

осуществлялся путем перевода образца из сверхпроводящей фазы в нормальную увеличением внешнего поля при постоянной температуре. В дальнейшем этот переход будет называться переходом  $S \rightarrow N$ . В опыте II исследовалась точка, несколько более близкая к сверхпроводящей фазе:  $T = 3^\circ\text{K}$ ,  $H = 68,5$  Oe; переход  $S \rightarrow N$ . Этот опыт был непродолжителен, вследствие аварии прибора, но его результаты все же представляют интерес. Опыт III:  $T = 2,85^\circ\text{K}$ ,  $H = 81$  Oe. Переход в промежуточное состояние был осуществлен путем перевода образца из нормальной фазы в сверхпроводящую уменьшением температуры при постоянном внешнем поле. Этот способ перехода будет называться в дальнейшем переходом  $N \rightarrow S$ .

На рис. 4 изображено, какая часть экваториального сечения шара исследовалась в каждом из трех опытов. Наибольшая площадь, между хордами 1 и 2, была исследована в опыте I. Расстояние  $AB = 25,83$  мм. На этом расстоянии укладываются 124 хорды при интервале 0,21 мм, так что в этом опыте было снято 124 кривых распределения поля, не считая контрольных. На это потребовалось 12 час. непрерывного гелиевого эксперимента. В опыте II была заснята площадь между хордами 1 и 3;  $AC = 8,19$  мм. Опыту III соответствует площадь между хордами 1 и 4;  $AD = 22,05$  мм. При съемке кривых использовались оба измерителя. Было установлено, что для данной хорды оба измерителя дают одинаковые кривые, в пределах точности съемки. Поэтому в дальнейшем не оговаривается, с каким измерителем были получены те или иные результаты.

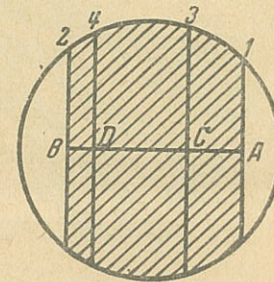


Рис. 4

На рис. 5 приведены в качестве примера пять последних кривых опыта I. Кривая № 124 соответствует хорде 2 рис. 4. Участки кривых, где нет заметного отклонения от оси абсцисс, т. е. где поле равно нулю, свидетельствуют о сверхпроводящих областях.

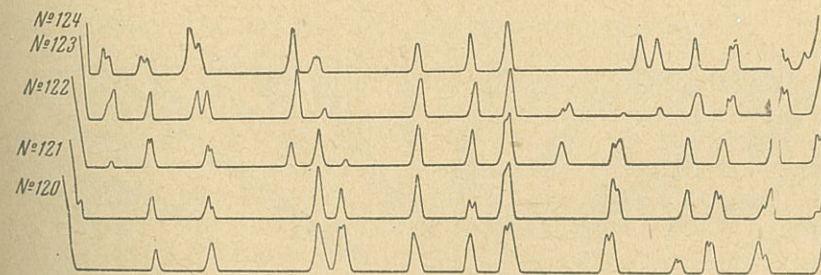
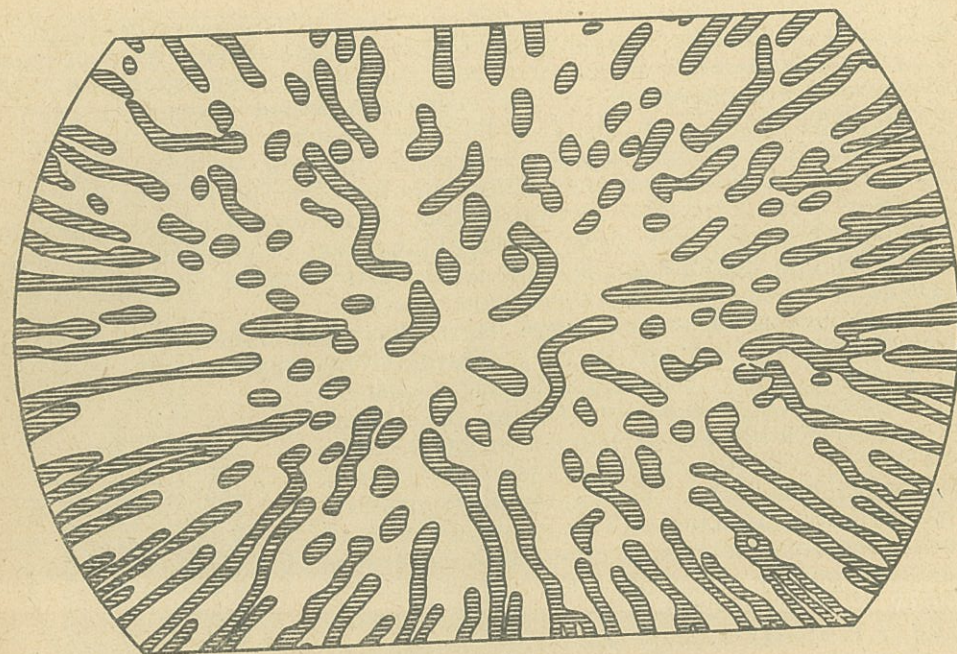


Рис. 5

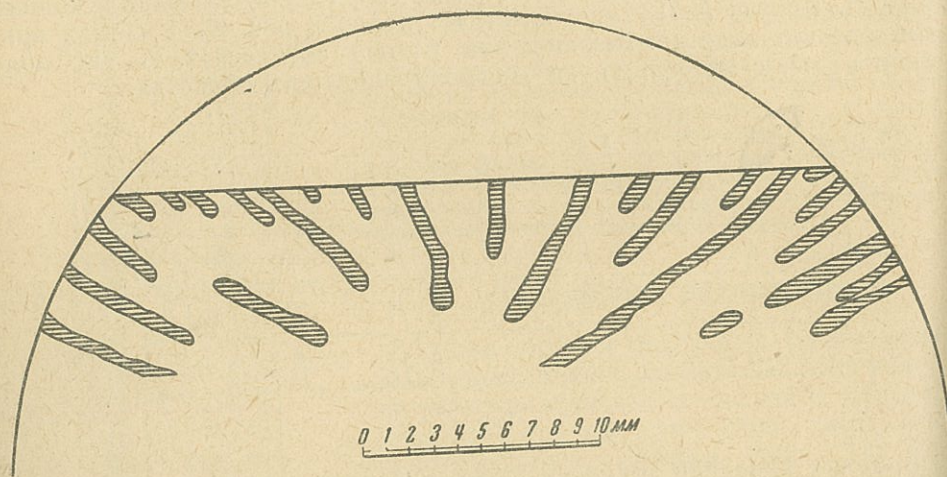
В целях проверки точности измерений во всех опытах неоднократно снимались различные контрольные кривые. Результаты всегда показывали вполне достаточную повторяемость кривых. Например, в опыте I после получения последней кривой лента была переведена назад на 10,5 мм, в положение, соответствующее хорде № 74, и кривая была повторена. Обе кривые прекрасно совпали, что свидетельствовало, прежде всего, о хорошей работе механизма. Сдвиг границ некоторых областей не превышал 1 мм, т. е. составлял примерно 0,1 мм в натуре. Следует отметить, что вторая кривая № 74 снималась через 4 часа после первой.

Снятые в одном опыте кривые распределения поля подвергались следующей обработке. В масштабе съемки, который составлял 8:1,



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 мм

Рис. 6. Опыт I. Переход  $S \rightarrow N$

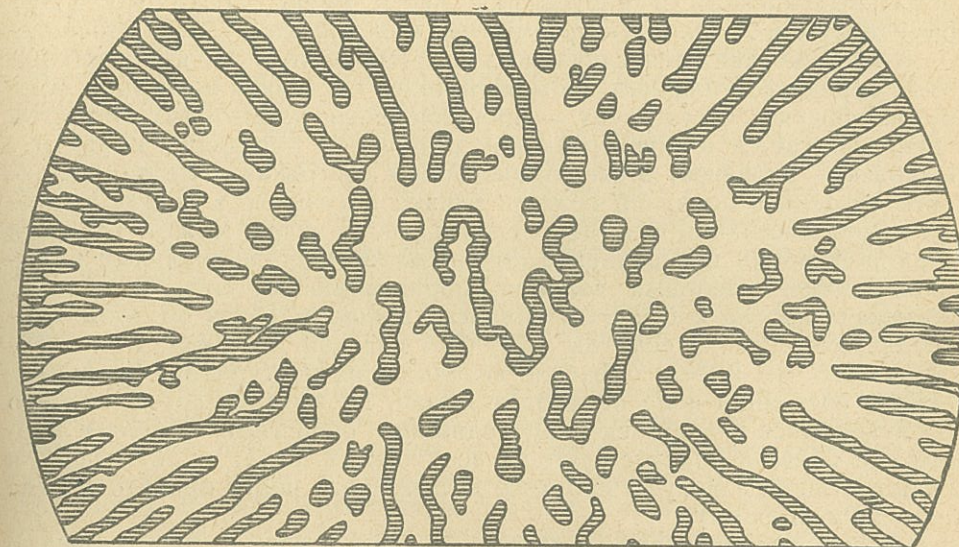


0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 мм

Рис. 7. Опыт II. Переход  $S \rightarrow N$

вычерчивалось экваториальное сечение шара, и проводились хорды, соответствовавшие полученным кривым. Затем на каждую хорду переносились с кривых участки, где кривые отклоняются от оси абсцисс более, чем на 1 мм<sup>2</sup>, после чего концы нанесенных на хорды отрезков соединялись между собою. Этим определялись границы

\* Эта величина является, конечно, чисто условной.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 мм

Рис. 8. Опыт III. Переход  $N \rightarrow S$

между нормальными и сверхпроводящими областями, причем нормальные области оказывались, таким образом, заштрихованными.

Результаты такой обработки для всех трех опытов, т. е. снимки экваториального сечения шара, находящегося в промежуточном состоянии, приведены на рис. 6, 7 и 8.

### Обсуждение результатов

При одномерном изучении областей промежуточного состояния в предыдущих работах [2, 3] было сделано заключение, что распределение областей в образце носит крайне нерегулярный характер. Как видно из приведенных двумерных картин, это заключение, в общем, подтвердилось и в настоящей работе. Однако на всех трех снимках направление областей вблизи периферии сечения носит ясно выраженный радиальный характер. Эта радиальная направленность областей промежуточного состояния в сферическом образце была установлена уже ранее [2], в предварительных опытах по исследованию структуры областей методом магнитного порошка. Было проведено около 20 опытов и выяснилось, что картины распределения порошка, хотя и являются нерегулярными, но всегда имеют радиальный характер. В то время казалось, что такие картины вовсе не отражают истинной топографии областей промежуточного состояния. Результаты настоящей работы показывают, что это заключение не является правильным. Как видно из рис. 6—8, радиальная направленность областей в сферическом образце, наблюдаемая ранее другим независимым методом, является несомненной. Таким образом метод магнитного порошка может быть применен, повидимому, для дальнейшего изучения свойств промежуточного состояния сверхпроводников.

Сравнивая между собою рис. 6 и рис. 8, т. е. сравнивая распределение областей при переходах  $S \rightarrow N$  и  $N \rightarrow S$ , мы видим, что наблюдаемые картины, в общем, довольно близки друг другу. Немного отличаются лишь центральные части сечений. При переходе  $N \rightarrow S$

нормальные области в центральной части имеют несколько более причудливую и извилистую форму, чем при переходе  $S \rightarrow N$ . Возможно, что это не является случайностью. Дело в том, что при переходе  $S \rightarrow N$  перед наступлением промежуточного состояния магнитное поле внутри образца отсутствует и проникновение нормальных областей в шар начинается в экваториальном сечении от периферии к центру. Поскольку, вдобавок, в сверхпроводящем состоянии поле на поверхности образца в полярной области близко к нулю, то в начале промежуточного состояния вся центральная часть шара может остаться сверхпроводящей или содержать очень малое число нормальных включений в виде отдельных волокон, пронизывающих шар. Возможно, что такая картина и была бы получена в опыте II, как об этом свидетельствует рис. 7, если бы опыт был доведен до конца. При переходе  $N \rightarrow S$  мы имеем обратное явление: при наступлении промежуточного состояния поле не входит в шар, но выталкивается из него образующимися в шаре сверхпроводящими областями. Поэтому нормальные области присутствуют во всех частях шара, в том числе и в центральной, и могут в процессе дальнейшего роста принять весьма причудливую форму.

В одной из предыдущих работ [2] было сделано заключение о крайней нерегулярности распределения областей при переходах  $S \rightarrow N$  и о значительно более упорядоченной картине при переходах  $N \rightarrow S$ . В действительности, как это было только что показано, разница в распределении областей при обоих переходах, вообще, не велика и касается только центральной части шара, причем дело в ней обстоит как раз наоборот: для перехода  $N \rightarrow S$  наблюдаются лишь несколько более причудливые картины, чем для перехода  $S \rightarrow N$ . Это объясняется тем, что во всех одномерных опытах измеритель поля передвигался точно по диаметру шара, т. е., как это видно из рис. 6 и 8, как раз по такому месту, где всего труднее судить о распределении областей по всему сечению. При этом очевидно, что измерение поля вдоль диаметра шара должно приводить к примерно регулярной картине чередования нормальных и сверхпроводящих участков именно при переходе  $N \rightarrow S$ , а не при переходе  $S \rightarrow N$ , при котором центральная часть сечения в начале промежуточного состояния более свободна от областей.

В настоящей работе было предпринято также исследование поля в различных точках на экваторе сплошного сферического образца, так как полученные картины распределения областей по экваториальному сечению показывают, что на экваторе сплошного шара можно ожидать наиболее четкой картины выхода областей на поверхность в виде чередования нормальных и сверхпроводящих участков. Исследование поля на поверхности сплошного шара методом подвижного измерителя было уже проведено ранее [3], но при передвижении измерителя вдоль меридиана шара. В данном случае с помощью того же прибора было исследовано поле на экваторе сплошного поликристаллического оловянного шара диаметром 30 мм. Оказалось, что во всем интервале промежуточного состояния при любом способе перехода поле на экваторе одинаково во всех точках и равно критическому. Отличие этого результата от картины распределения областей вблизи окружности экваториального сечения, полученной при измерении поля в щели между полусферами, объясняется, без сомнения, тем, что вблизи окружности уже сказывается влияние щели: поле слегка проникает в щель и не является однородным у ее краев. Были проведены также опыты, в которых прибор ориентировался в поле таким образом, что измеритель передвигался по меридиану сферы от полюса до полюса, а также вдоль линии пересечения сферы плоскостью, проходящей через центр сферы и составляющей

некоторый угол с экваториальной плоскостью. В этих случаях были получены картины неоднородного распределения поля на поверхности шара, аналогичные полученным ранее [3]. При этом оказалось, что заметные отступления поля от однородности наступали лишь на некотором расстоянии от экватора.

На основании этих результатов для сплошного шара и двумерных картин распределения областей, полученных между полусферами, можно теперь уже достаточно ясно представить себе структуру областей промежуточного состояния в сферическом образце. Очевидно, что вся экваториальная область шара занята некоторым пояском нормальной фазы, которая „прорастает“ в глубь образца радиально направленными слоями, не доходящими до центра. Эти слои, ориентируясь, примерно, по меридиональным сечениям, распространяются по обе стороны экваториальной плоскости и выходят на поверхности обоих полушарий сферы, так что экваториальный пояс нормальной фазы, начиная с некоторых широт, оказывается разветвленным на отдельные слои, ориентированные приблизительно по меридианам. В центральной части шара нормальные области имеют, повидимому, форму отдельных волокон и изогнутых пластин, пронизывающих шар.

По теореме о сохранении потока магнитной индукции доля площади сечения шара экваториальной плоскостью, занятая областями в нормальной фазе, определяется формулой:

$$x_n = B/H_k = (3H - 2H_k)/H_k,$$

где  $B$  — средняя индукция шара в промежуточном состоянии,  $H$  — внешнее поле,  $H_k$  — критическое поле, т. е. поле в нормальных областях. Подсчет по этой формуле дает, что для опыта I нормальная фаза должна была составлять 14% всего сечения, для опыта II  $x_n = 10\%$ , а для опыта III  $x_n = 8,5\%$ . Однако произведенное для опытов I и III измерение площади нормальной фазы вовсе не подтвердило этих цифр. Оказалось, что на рис. 6 площадь областей, в которых поле отлично от нуля, составляет 33,5% всего сечения, на рис. 8 — 32%. Таким образом площадь, для которой поле отлично от нуля, оказывается в 3—4 раза больше теоретической величины площади нормальной фазы.

Такое большое расхождение, разумеется, нельзя объяснить тривиальными причинами, связанными с методикой измерений, как, например, эффектом рассеяния силовых линий поля в щели между полусферами или погрешностью в определении границ областей, вызванной конечной длиной измерителя. Дело заключается в том, что нельзя считать всякий участок на кривых, где поле не равно нулю, попросту за участок чистой нормальной фазы. Обратим внимание на то, что на кривых, приведенных на рис. 5, некоторые из „пиков“ нормальных областей имеют еще несколько добавочных „зубцов“. Этот „зубчатый“ характер кривых [поля в особенности ярко выражен тогда, когда измеритель пересекает нормальный слой не поперек слоя, а вдоль него, или когда доля нормальной фазы так велика, что измеритель уже нигде не разрешает сверхпроводящих слоев. Примером последнего случая является кривая, приведенная на рис. 9. Она представляет собою распределение магнитного поля вдоль диаметра шара, снятое в точке промежуточного состояния при  $T = 3^\circ\text{K}$  и  $H = 82\text{Oe}$ . В этой точке  $x_n = 0,52$ , так что почти половина сечения должна быть занята областями сверхпроводящей фазы. Мы видим, однако, что на кривой поле нигде не равно нулю, но в то же время имеет резко неоднородный характер. Это явление объясняется тем, что в данной точке промежуточного состояния сверхпроводящая фаза представлена в образце в виде множества сверхпроводящих включений, пронизывающих общую массу нормальной фазы

и не разрешаемых измерителем поля. Гипотеза о подобной „тонкой структуре“ областей нормальной фазы была уже высказана ранее [2], когда было получено большое число кривых, подобных кривой рис. 9. Тогда же было показано, что если уменьшать в образце содержание нормальной фазы, то эти неразрешаемые сверхпроводящие включения

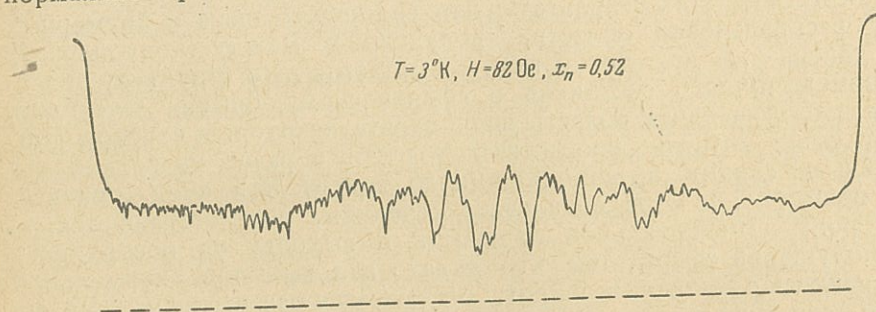


Рис. 9

можно постепенно разрешить. Таким образом увеличение в несколько раз площади нормальной фазы, наблюдаемое в настоящей работе, является на самом деле лишь кажущимся и объясняется тем, что в сверхпроводниках в промежуточном состоянии нормальная фаза образуется не в чистом виде, но оказывается тесно перемешанной со сверхпроводящей фазой. Эта „тонкая структура“ областей нормальной фазы в промежуточном состоянии может составить, очевидно, предмет специального исследования.

В заключение выражаю глубокую благодарность А. И. Шальникову за постоянное внимание к работе, советы и ценную дискуссию. Выражаю также благодарность К. А. Туманову за его любезную помощь при проведении опытов и В. А. Гдовскому за мастерское изготовление тонкой механической части прибора.

Институт физических проблем  
Академии Наук СССР

Поступила в редакцию  
19 июля 1948 г.

#### Литература

- [1] А. И. Шальников. ЖЭТФ, 16, 757, 1946. — [2] А. Г. Мешковский и А. И. Шальников. Изв. АН СССР, сер. физ., 11, 39, 1947. — [3] А. Мешковский и А. Шальников. ЖЭТФ, 17, 851, 1947.

## ОБ АНАЛИЗЕ КРИВЫХ ЗАТУХАНИЯ ПОРОШКООБРАЗНЫХ ФОСФОРОВ

В. В. Антонов-Романовский и Е. С. Крылова

Показывается, что в фосфоре  $ZnS + Si$  при слабом возбуждении яркость свечения элементарного объема спадает по гиперболе второго порядка. Для доказательства используется одна инвариантная особенность формы кривой затухания, которая имеет место, если процесс высвечивания следует простой схеме бимолекулярной реакции.

### 1. Введение

Исследование механизма затухания фосфоров, которые могут быть приготовлены только в виде мелкокристаллического порошка, представляет большие затруднения. Малая яркость свечения отдельного кристаллика вынуждает обычно пользоваться целым слоем таких кристалликов. Это сильно усложняет картину свечения. Отдельные кристаллики экранируют друг друга, и поэтому фосфорный слой оказывается неравномерно возбужденным по своей толщине („эффект толщины“). Кроме того, кристаллики могут различаться по своим физико-химическим свойствам. Более того, даже отдельный кристаллик, вероятно, нельзя рассматривать как однородную люминесцирующую систему, так как процессы свечения вблизи поверхности могут протекать иначе, чем внутри кристаллика [1], и, кроме того, активатор может быть неравномерно распределен по объему [2]<sup>1</sup>. Таким образом, выгадывая в яркости при пользовании целой массой фосфорного порошка, мы тем самым сильно затрудняем анализ полученных результатов.

Первые попытки учета в простейшем случае „эффекта толщины“, считая фосфорный слой однородным и поглощение света идущим по экспоненциальному закону, в предположении, что элементарный процесс затухания протекает по схеме простой бимолекулярной реакции, были осуществлены еще давно Никольсом и Мерритом [3]. Результаты этих авторов были использованы одним из нас [2,4] при исследовании затухания фосфора  $KCl + Tl$ , когда удалось показать, что свечение щелочно-галогидных фосфоров является рекомбинационным, а не метастабильным, как это предполагалось ранее. „Эффект толщины“ в этом случае мог быть легко учтен благодаря тому, что фосфор являлся крупным монокристаллом прозрачным для излучения фосфоресценции, а возбуждающий свет убывал экспоненциально по мере проникновения в глубь кристалла.

В отличие от случая монокристалла при исследовании фосфорного порошка „эффект толщины“ не поддается учету, так как для этого необходимо знать сложный закон рассеяния и поглощения света мелкокристаллическим слоем. Кроме того, картина свечения может быть усложнена еще тем, что, как уже было упомянуто выше, такой слой

<sup>1</sup> Стоит только вспомнить условия приготовления фосфора—диффузия активатора внутрь основного вещества фосфора при прокатке и т. п.