

РАБОТЫ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ СВЕРХПРОВОДНИКОВ МАЛЫХ РАЗМЕРОВ В ИНСТИТУТЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ АКАДЕМИИ НАУК СССР ¹⁾

В работах по исследованию сверхпроводимости за последние годы наметились два направления. К первому направлению относятся многочисленные работы по исследованию переходов из сверхпроводящего в промежуточное и нормальное состояние тел различной формы (цилиндров, сфер, эллипсоидов, полых сверхпроводников) в магнитном поле. Другое направление характеризуется попытками проникнуть в самую сущность явления сверхпроводимости. Исследования этого направления ставят своей целью поиски и изучение различных аномальных явлений в сверхпроводниках. Естественнее всего ожидать этих аномалий у сверхпроводников малых размеров (размеры которых сравнимы с глубиной проникновения магнитного поля внутрь сверхпроводника), как то: коллоидов, нитей и пленок. Главной трудностью при исследовании сверхпроводников этого класса является отсутствие уверенности в том, что наблюдаемые аномальные свойства действительно определяются малыми размерами сверхпроводников, а не загрязнениями, которые могут быть легко внесены в объем, состоящий практически из одного поверхностного слоя. С этой точки зрения коллоиды и нити естественно являются наиболее „грязными“ и неудобными объектами как по самому методу получения, так и по невозможности (для коллоидов) применения электрических методов исследования (измерение сопротивления).

Авторами была поставлена задача исследования сверхпроводимости в тонких слоях в условиях, которые бы обеспечили достаточную чистоту объектов. Исследовались как электрические, так и магнитные свойства тонких пленок из свинца, олова и таллия, полученные в вакуумных условиях методом испарения и конденсации на поверхности стекла.

При исследовании пленок толщиной начиная от $5 \cdot 10^{-7}$ до $3 \cdot 10^{-5}$ см, приготовленных в виде полосок размером $0,3 \cdot 10$ мм, было обнаружено следующее. Даже самые тонкие пленки толщиной всего в 15—20 атомных слоев оказались сверхпроводящими. Пропуская сквозь пленки малый ток и измеряя потенциометрической схемой их сопротивление, легко удавалось определить значение критической температур. Увеличивая силу тока, проходящего через пленку, можно было наблюдать резкий скачок восстановления сопротивления пленки, связанный с ее переходом в нормальное состояние. Этот резкий скачок происходил для данной пленки всегда при определенной силе тока и мог служить критерием ее сверхпроводящих

¹⁾ Краткое изложение доклада, сделанного на сессии Отделения физико-математических наук Академии Наук СССР 17 апреля 1940 г.

свойств. Исследуя зависимость критического тока от температуры, можно было также определить значение критической температуры. При разрушении сверхпроводящих свойств пленки наложением внешнего магнитного поля было обнаружено, что разрушение сверхпроводимости без пропуска тока через пленку практически невозможно. Разрушение удалось только при одновременном действии на пленку тока и внешнего поля. При снятии зависимости критического тока, разрушающего сверхпроводимость, от внешнего магнитного поля выяснилось, что при отсутствии тока величина критического магнитного поля достигала бы десятков тысяч эрстед, превышая, таким образом, нормальное значение для металла в куске в сотни раз. Одновременно было обнаружено, что пленки, полученные конденсацией при $4,2^\circ \text{K}$, имеют значение критической температуры, значительно превышающее (примерно на 1°K) нормальное значение критической температуры для массивного металла. Те же пленки, но подвергнутые однократному нагреванию до комнатной температуры, при втором исследовании давали критические температуры, близкие к нормальным. Здесь можно предполагать, что металл, осажденный при столь низких температурах, имеет особую структуру, ответственную за наблюдавшееся смещение критической температуры. Наряду с исследованиями электрических свойств пленок производилось исследование и их магнитных свойств, причем в этом случае основной задачей являлось определение критических магнитных полей, соответствующих изменению магнитного момента пленки. Для этой цели пленка в виде узкой полоски наносилась на стеклянную пластинку, подвешенную на тонкой кварцевой нити. Такая пластинка после перехода пленки в сверхпроводящее состояние стремилась стать параллельно полю. Если кварцевая нить была достаточно тонкой, то при увеличении магнитного поля пленка, установившись практически параллельно последнему, оставалась в этом положении до тех пор, пока поле не достигало критического значения, после чего она резко возвращалась к положению своего равновесия. Возвращение пленки в положение равновесия происходило вследствие изменения ее магнитного момента при переходе из сверхпроводящего в нормальное состояние. Из произведенных таким образом измерений выяснилось, что у пленок, начиная с толщины порядка 10^{-5} см , резко увеличивается значение критического поля. Так, у пленок толщиной порядка 10^{-5} см оно примерно в два раза превышает критическое поле для массивного металла, тогда как у пленок толщиной примерно в 10^{-6} см критическое поле в тридцать раз больше, чем у металла в куске.

Совпадение критических полей, полученных в данной работе (и соответствующих изменений магнитного момента пленки), с полями, соответствующими появлению в ней сопротивлений, может быть интерпретировано как доказательство того, что увеличение критического поля пленки, происходящее с уменьшением ее толщины, действительно является следствием малой толщины пленки, а не вызвано какими-либо вторичными эффектами. На основании полученных данных можно построить зависимость отношения критического поля пленки к критическому полю массивного металла как функцию ее толщины. Полученная зависимость довольно близко совпадает с теоретическим выражением, приводимым в работе Эпплгарда, Лондона и др.¹ Такое совпадение говорит в пользу феноменологической теории сверхпроводимости Лондона. Вычисленное на основании упомянутых теоретических соображений вышеуказанных авторов значение глубины проникновения поля для олова при 2°K составляет $1,64 \cdot 10^{-5} \text{ см}$.

Н. Алексеевский и А. Шальников, Москва

ЛИТЕРАТУРА

1. Appleyard, Bristow, London and Misener, Proc. Roy. Soc.⁹ 5, 172, 540, 1939.