

М. А. Оболенский. Сверхпроводимость и энергетические спектры слоистых дихалькогенидов переходных металлов. Интерес к исследованию сверхпроводимости в системах пониженной размерности был стимулирован теоретическими работами Литтла ¹ и В. Л. Гинзбурга ², в которых рассматривались возможные механизмы повышения критической температуры в таких системах.

В настоящее время спектр экспериментально реализованных металлических (проводящих) сред с пониженной размерностью достаточно обширен. К ним можно отнести тонкие пленки, двумерные сэндвичевые структуры, полупроводниковые МДП-структуры, дихалькогениды переходных металлов (ДПМ), органические сверхпроводники и недавно открытые высокотемпературные сверхпроводники на основе окислов редкоземельных и переходных металлов, в которых обнаружена сильная анизотропия сверхпроводящих характеристик.

Особый интерес к проявлению сверхпроводимости в ДПМ объясняется уникальной возможностью экспериментального изучения сверхпроводящего

состояния в условиях варьирования двумерности за счет интеркалирования, сосуществованием сверхпроводимости и частичной диэлектризации электронного спектра из-за наличия в ряде этих соединений фазового перехода типа волны зарядовой плотности (ВЗП), предшествующего сверхпроводящему состоянию^{3,4}.

В настоящем докладе анализируются экспериментальные данные по исследованию нормального и сверхпроводящего состояний в соединении 2H-NbSe_2 , как чистого, так и интеркалированного водородом, дейтерием и TCNQ,

результаты исследований фононного спектра методом микроконтактной спектроскопии⁵, нестационарный эффект Джозефсона вдоль и поперек слоев, экспериментальная реализация перехода от сверхпроводника 2H-NbSe_2 к полупроводнику ReSe_2 путем замены атомов ниобия на атомы рения⁶.

При исследовании фононного спектра в 2H-NbSe_2 методом микроконтактной спектроскопии вдоль и поперек слоев обнаружены низкочастотные возбуждения в области энергий 5 мэВ, которые можно объяснить колебаниями амплитуды и фазы ВЗП. Микроконтактные спектры резко анизотропны. Сравнение положения особенностей на микроконтактных спектрах с расчетными,

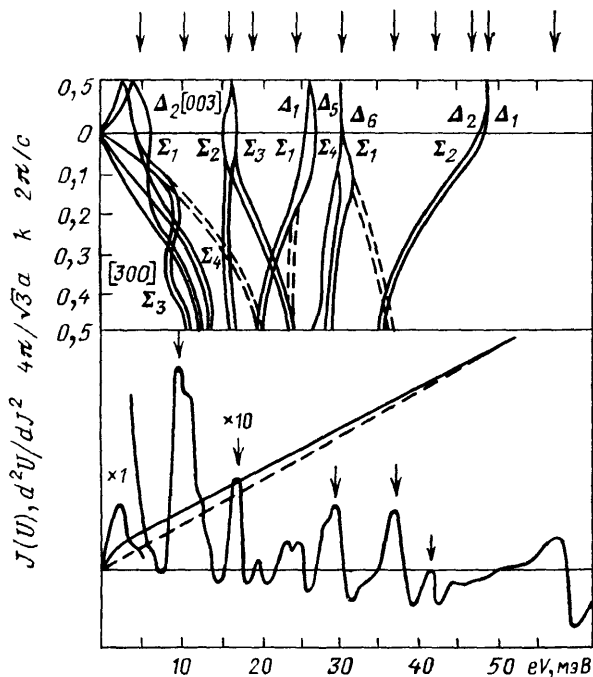


Рис. 1

полученными в теоретических моделях, показывает, что в области низких энергий (~ 40 мэВ) имеется хорошее согласие. Однако в области энергий более 40 мэВ на микроконтактных спектрах наблюдаются особенности, отсутствующие в теоретических моделях. Исследование нестационарного эффекта Джозефсона показало, что сверхпроводящее спаривание вдоль и поперек слоев является синглетным. Типичный вид экспериментальных микроконтактных спектров представлен на рис. 1. На этом рисунке также приведены теоретически рассчитанные кривые $\omega(k)$ для сравнения с экспериментом⁵.

Анализ зависимости второго критического поля от температуры $H_{c2}(T)$ показывает, что положительная кривизна в ситуации, когда магнитное поле направлено параллельно слоям, характерна практически для всех слоистых систем и, в частности, для ДПМ. Положительную кривизну в зависимости $H_{c2}(T)$ можно экспериментально реализовать, создав пространственно неоднородное сверхпроводящее состояние, либо за счет слоистости, либо создав периодическую модуляцию примесей. Положительная кривизна объясняется в модели различия орбитального эффекта при разной ориентации магнитного поля^{7,8}.

Эксперименты по влиянию одноосного давления до 2 кбар, приложенного перпендикулярно слоям, показывают, что критическая температура сверхпроводящего перехода растет с увеличением давления до $P = 1,4$ кбар, а затем понижается, а в области более высоких давлений ее поведение совпадает с данными, приведенными в работе⁹.

Этот результат объясним на основе предположения о фазовом переходе $2^{1/2}$ -го рода. Критическая температура в максимуме равна 10,4 К. Исходная температура при $P = 0$ равна 7,2 К.

В экспериментах по интеркалированию молекулами TCNQ (акцептором) обнаружено повышение температуры возникновения перехода ВЗП в 2H-NbSe_2 и понижение критической температуры T_c . При этом на температурной зависимости электросопротивления наблюдается переход полупроводник — металл. Результаты анализируются на основе модели перехода беспорядок — порядок в системе интеркалята^{10,11}. Водород и дейтерий при определенных

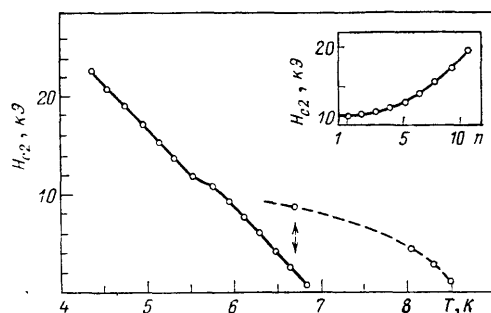


Рис. 2

концентрациях может образовать в 2H-NbSe_2 сверхрешетку (периодическую пространственную модуляцию концентрации), которая диктуется доменной структурой несоизмеримой ВЗП. Водород и дейтерий декорируют доменные границы, что отражается на зависимостях $H_{c2}(\theta)$. В такой ситуации $H_{c2}(\theta)$ имеет максимумы, когда вектор магнитного поля совпадает с вектором сверхрешетки¹². При этом наблюдается эффект усиления сверхпроводящих характеристик H_{c2} , j_{c2} (критический ток), T_c после каждого цикла перевода образца из сверхпроводящего состояния в нормальное под действием тока и магнитного поля (эффект «тренировки»)¹³. Топологию сверхструктуры можно менять за счет увеличения водорода движущейся вихревой решеткой, что и наблюдается в эксперименте (рис. 2). Объяснение полученных результатов основано на модели хаотических металлических сеток, предложенной в работах¹⁴.

На основании экспериментальных исследований системы $\text{Re}_x\text{Nb}_{1-x}\text{Se}_2$ установлена концентрационная зависимость существования сверхпроводимости в такой системе. При определенной концентрации рения наблюдаются эффекты локализации носителей.

Приведен анализ прикладных аспектов сверхпроводимости в слоистых халькогенидах и перспектив дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Little W. A. // Phys. Rev. A. 1964. V. 134. P. 1416.
2. Проблема высокотемпературной сверхпроводимости // Под ред. В. Л. Гинзбурга. — М.: Наука.
3. Hiroyuki Shiba, Kazuo Nakanishi. Phenomenological Landau Theory of Charge-Density-Wave Phase Transitions in Layered Compounds // Technical Report of ISSP. S.A., No. 1555. — 1985. — P. 166.
4. Булаевский Л. Н. // УФН. 1975. Т. 116. С. 449.
5. Бобров Н. Л., Рыбальченко Л. Ф., Оболенский М. А., Фисун В. В. // ФНТ. 1985. Т. 11. С. 925.
6. Оболенский М. А., Зо Ен Сик, Белецкий В. И., Чашка Х. Б., Гвоздиков В. М. // Ibidem. С. 1239.
7. Булаевский Л. Н., Гусейнов А. А. // ЖЭТФ. 1974. Т. 19. С. 742.
8. Гвоздиков В. М. // ФНТ. 1986. Т. 12. С. 121.
9. Sambongi T. // J. Low Temp. Phys. 1975. V. 18. P. 139.

10. Балла Д. Д., Мамалуй А. А., Оболенский М. А., Стародуб В. А., Чашка Х. Б. // ФНТ. 1979. Т. 5. С. 1080.
11. Оболенский М. А., Белецкий В. И., Чашка Х. Б., Стародуб В. А., Балла Д. Д. // ФНТ. 1981. Т. 7. С. 752.
12. Оболенский М. А., Белецкий В. И., Чашка Х. Б., Бастеев А. В., Миненко Е. В. // ФНТ. 1984. Т. 10. С. 520.
13. Оболенский М. А., Белецкий В. И., Чашка Х. Б., Бастеев А. В. // Ibidem. С. 765.
14. Alexander S. // Phys. Rev. 1983. V. 27. P. 1541.
Deutscher G., Grave I., Alexander S. Phys. Rev. Lett. 1982. V. 48. P. 1497.
Steinmann R. G., Pannetier B. Superconductive H, T Phase Diagram of a Random Metallic Network.

537.5(048)

Г. А. Аскарьян, Г. М. Батанов, И. А. Косый, А. Ю. Костинский.
Последствия СВЧ-разрядов в стратосфере. В последнее время все интенсивнее ведутся исследования возможности создания плазменного зеркала в стратосфере для ретрансляции радио- и телепередач на

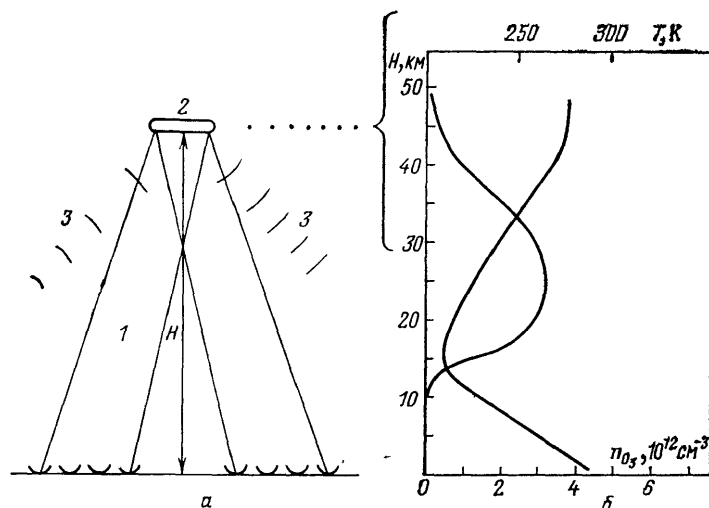


Рис. 1. Лучи, плазменное зеркало (а) и распределение концентрации озона и температуры (б) (1 — СВЧ лучи, создающие плазменное зеркало 2; 3 — ретранслируемое излучение)

большие расстояния. Этому вопросу посвящены десятки статей, обзор ¹ и монография ², в которых этот вопрос исследован наиболее обстоятельно. Предлагается на высотах 30 — 60 км зажечь СВЧ разряд в скрещенных СВЧ лучах (рис. 1, а), поддерживая разряд, обеспечить сильное отражение волн метрового диапазона.

Однако авторы не учли, что именно на этих высотах находится существенная часть озонного слоя (см. рис. 1, б и ³), защищающая все живое на Земле от ультрафиолетового излучения в диапазоне $(2-3) \cdot 10^3 \text{ \AA}$ (так называемая полоса Хартли), которое свободно проходит через воздух, но сильно поглощается слоем озона. Достаточно сказать, что даже малые уменьшения «мощности» озонного слоя приводят к сильным увеличениям числа заболеваний рака кожи, мутациям и другим вредным биологическим эффектам.

В настоящее время защита озонного слоя является одной из глобальных задач в связи с нарастающим загрязнением от промышленности, бытовых фреонных загрязнений, ракетных двигателей лайнеров и ракет. Загрязнения в виде оксидов азота, хлора, фтора являются катализаторами процесса