

Письма в ЖЭТФ, том 13 стр 679 - 681

20 июня 1971 г.

НАБЛЮДЕНИЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО КВАНОВОГО РАЗМЕРНОГО ЭФФЕКТА В ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ ПЛЕНКЕ CuS

*Ф.Ю.Алиев, Ф.Р.Годжаев, И.Г.Керимов,
Е.С.Крупников*

Исследовались полупроводниковые квантующие пленки CuS. Закон дисперсии в подзоне $\epsilon = \epsilon_n(P_1)$, ($n = 1, 2, 3\dots$), P_1 – квазимпульс с компонентами P_x, P_y [1, 2]. Расстояние между подзонаами определяется как:

$$\Delta\epsilon_{n, n+1} = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2m^*} \frac{2n+1}{L^2}$$

m^* – эффективная масса в направлении нормали пленки, которая зависит от массы в массивном образце [3].

Условия появления сверхпроводимости в полупроводниковой пленке, согласно работе [4], отличаются от условий в массивном образце. Это связано с зависимостью электронной плотности состояний от толщины пленки и особым характером куперовского спаривания, что делает значительно более перспективным, с точки зрения повышения существующей температуры перехода, изучение тонких пленок полупроводников.

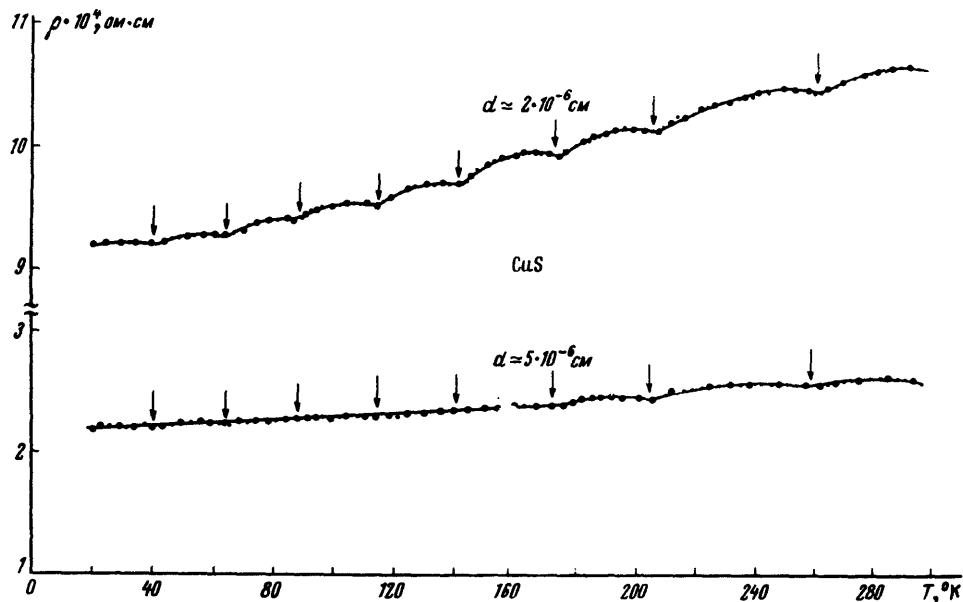
В связи с этим нами исследовались полупроводниковые пленки CuS различной толщины, имеющие в массивном образце температуру перехода T_K , равную $1,62^\circ\text{K}$ [5]. Обнаружен сверхпроводящий переход в пленке толщиной $6 \cdot 10^{-6} \text{ см}$ при температуре $3 \pm 0,3^\circ\text{K}$.

Далее, исследование всего хода зависимости удельного сопротивления пленок при определенных толщинах (200 и 500 Å) от температуры дало осцилляционную картину.

Пленки CuS были получены напылением на стекло из массивного образца с попутным обогащением серой в вакууме не ниже 10^{-5} мм рт. ст. Погрешность в определении толщины пленок 50 \AA , а температура поддерживалась с точностью до 1°K и измерялась с помощью платинового термометра. Существенным моментом наличия наблюдавшегося эффекта является создание низкоомного омического контакта, что и было нами осуществлено¹⁾. Измерения проводились компенсационным методом, с использованием формулы [6]:

$$\rho^{-1} = \sigma = \frac{I}{2\pi UL} \ln \left[\frac{a + (\ell/2)}{a - (\ell/2)} \right]^2.$$

где $a = \sqrt{(\ell/2)^2 - d^2}$; ℓ – расстояние между контактами; d – диаметр контактирующей поверхности; U – разность потенциалов между контактами; I – ток, протекающий через образец ($I = 4,6 \text{ мкA}$, $\ell = 10 \text{ мм}$; $d = 1,5 \text{ мм}$).



Температурная зависимость удельного сопротивления пленок полупроводника CuS для толщин 200 и 500 \AA .

На рисунке приводится зависимость удельного сопротивления пленок CuS для толщин 200 и 500 \AA от температуры и показаны ошибки измерения.

Как видно из рисунка, в интервале температур $20 - 60^\circ\text{K}$ зависимость $\rho(T)$ является настолько слабой, что составляет прямую параллельную оси температур. Это дает возможность, считая что подвижность

¹⁾ Работа представлена для получения авторского свидетельства (номер заявки 1423472/26-25).

не зависит от T в этом интервале, сказать, что электронный газ является вырожденным.

Измерение эффекта Холла при комнатной температуре показало, что концентрация электронов в пленке CuS, для толщин 200 и 500 Å порядка 10^{20} см^{-3} .

В случае пленок толщиной 200 и 500 Å значения максимальной ошибки измерения, отнесенные к значениям амплитуд, составляют в среднем 0,4 и 0,3 соответственно.

Таким образом, наблюдаемые температурные осцилляции находятся вне ошибки измерения и максимальное значение амплитуды соответствует температуре $\sim 150^\circ\text{K}$.

Периоды осцилляции с уменьшением толщины изменяются незначительно (примерно на 1°K).

Из рисунка также видно, что чем меньше толщина пленки, тем сильнее осциллирующая зависимость ρ от T и отношение двух последующих периодов для данной толщины растет с увеличением температуры как:

$$\frac{\Delta T_n}{\Delta T_{n+1}} \approx \frac{T_n^{1/2}}{T_{n+1}^{1/2}}.$$

Авторы полагают, что наблюдаемая температурная осцилляция удельного сопротивления пленок полупроводника CuS обусловлена с неэквивалентностью расположения подзон при высокотемпературном квантовом размерном эффекте в соответствии с теорией С.С.Недорезова [7].

В заключении авторы выражают благодарность Г.М.Абдуллаеву и Б.Г.Лазареву за помощь и поддержку, оказанную при выполнении данной работы, М.И.Каганову, В.Б.Сандомирскому, С.С.Недорезову и А.М.Рустамовой за обсуждение этих результатов.

Институт физики
Академии наук Азербайджанской ССР

Поступила в редакцию
7 мая 1971 г.

Литература

- [1] В.Б.Сандомирский. ЖЭТФ, 52, 158, 1967.
- [2] С.С.Недорезов. ЖЭТФ, 51, 868, 1966.
- [3] М.И.Каганов, С.С.Недорезов, А.М.Рустамова. Доклад на советско-японской конференции по физике низких температур, Новосибирск, 1969; ФТТ, 12, 2277, 1970.
- [4] Е.Л.Тавгер, В.Я.Демиховский. УФН, 96, 61, 1968.
- [5] В.Майнер Z. Physik, 1–12, 570, 1929.
- [6] Ю.П.Кожевников. Изв. высших уч. зав., сер. физика, 2, 173, 1964.
- [7] С.С.Недорезов. ЖЭТФ, 59, 1354, 1970.