

ОСОБЕННОСТЬ СВЕРХПРОВОДИМОСТИ ЭВТЕКТИЧЕСКОЙ КОМПОЗИЦИИ ПОЛУПРОВОДНИК-СВЕРХПРОВОДНИК

Г.И. ИСАКОВ

Институт Физики АН Азербайджана
370143, г. Баку, пр. Г. Джавида, 33

Исследована сверхпроводимость образцов различных размеров и формы из эвтектической композиции GaSb-V₂Ga₅ типа полупроводник-сверхпроводник. Показано, что по направлению кристаллизации сверхток в основном протекает по вискерам. При отличном от нуля угле между направлением вискеров и предполагаемым направлением сверхтока увеличивается роль слабых связей типа сверхпроводник-полупроводник-сверхпроводник.

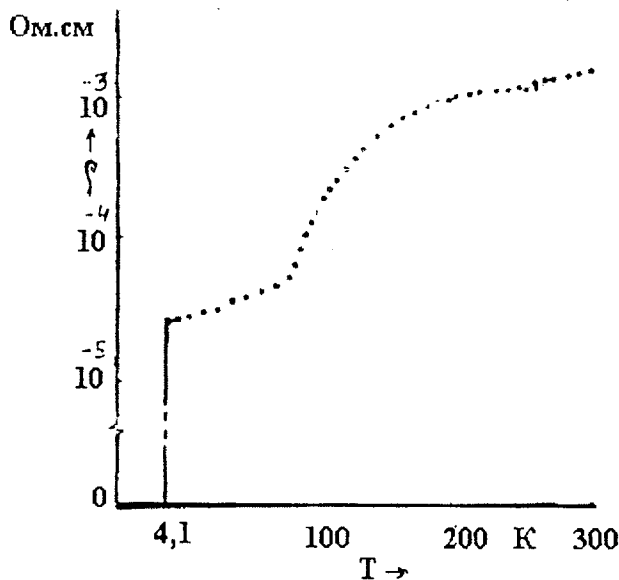
В наших работах [1-3] сообщалось об обнаружении сверхпроводимости и эффекта Джозефсона в эвтектической композиции полупроводник-сверхпроводник (GaSb-V₂Ga₅), где при направленной кристаллизации сверхпроводящая фаза V₂Ga₅ в полупроводниковой матрице GaSb формируется в виде длинных параллельных вискеров. Плотность вискеров в среднем на единицу площади перпендикулярно направлению роста образца и при скорости получения $v = 7 \text{ см/ч}$ составляет $N = 1.8 \cdot 10^4 \text{ мм}^{-2}$.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

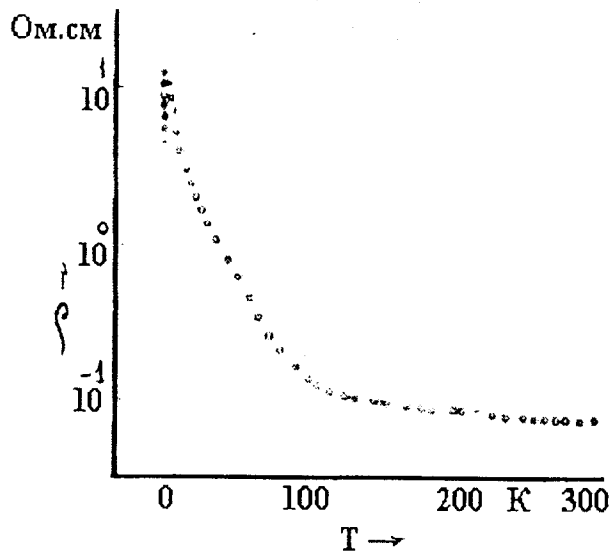
Из эвтектической композиции GaSb-V₂Ga₅ были вырезаны образцы в виде прямоугольного длинного парал-

лелепипеда вдоль и поперек направлению сверхпроводящих вискеров. Результаты исследования удельного сопротивления этих образцов в широком интервале температур показали, что при температуре $T = 4,1 \text{ К}$ при параллельности электрического тока (I) к направлению вискеров (X) образцы в виде прямоугольных длинных параллелепипедов ($I \parallel X$) переходят в сверхпроводящее состояние (Рис. 1а).

В образцах же, вырезанных поперек направлению вискеров ($I \perp X$), сверхпроводимость не обнаруживалась. Однако, следует отметить, что в таких образцах при $T = 4,1 \text{ К}$ обнаруживается некоторое резкое падение удельного сопротивления (Рис. 1б).



а)



б)

Рис. 1. а) Температурная зависимость удельного сопротивления образца GaSb-V₂Ga₅ в форме длинного прямоугольного параллелепипеда при $I \parallel X$;

б) Температурная зависимость удельного сопротивления образца GaSb-V₂Ga₅ в форме длинного прямоугольного параллелепипеда при $I \perp X$.

Из сплава GaSb-V₂Ga₅ вырезали пластинку, две боковые грани которой были параллельны направлению кристаллизации (направлению вискеров) и имели форму квадратика (Рис. 2а). Измерение сопротивления такой пластины преследовало цель выяснить, при каком угле

между направлением электрического тока и направлением вискеров исчезает сверхпроводимость. Вопреки ожиданию, пластина при всех направлениях тока и вискеров переходила в сверхпроводящее состояние вблизи температуры $T = 4 \text{ К}$ (Рис. 2б).

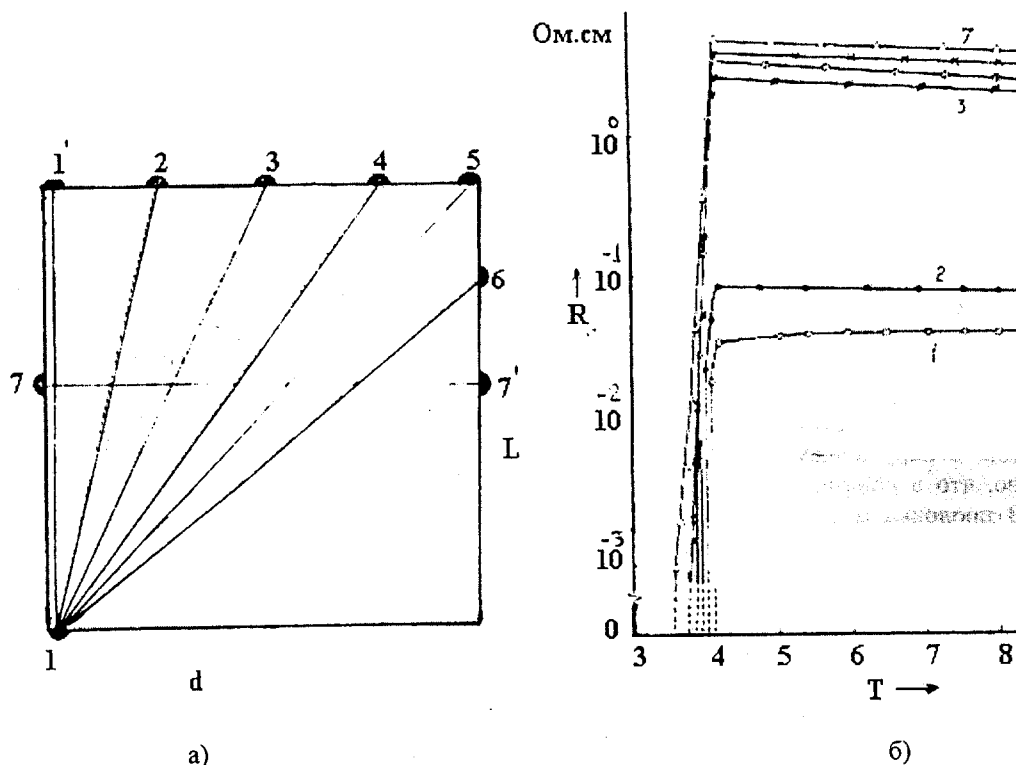


Рис.2. а) Схематическое изображение пластины для исследования сопротивления;

б) Температурная зависимость сопротивления пластины при различных углах между направлением роста и тока.

ОБСУЖДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА

Следует отметить, что, несмотря на малые объемные доли сверхпроводящей фазы V_2Ga_3 (4,4 %) эвтектическая композиция полупроводник-сверхпроводник в случае параллельности электрического тока и направления вискеро-переходит в сверхпроводящее состояние. Ясно, что при $I \parallel X$ сверхток протекает по всем вискерам сверхпроводящей фазы V_2Ga_3 в случае вискеро-бесконечной длины. Однако, наблюдаются и вискеро-конечной длины, как следствие локального нарушения структуры, дефектов решетки, температурных флуктуаций и т.д. По всей протяженности роста композиции на месте обрывающихся вискеро-наблюдается рост новых.

Из вышеизложенного следует, что в направлении $I \parallel X$ сверхток в основном протекает по вискерам бесконечной длины. Помимо этого имеет место также некоторое протекание сверхтока по контактам типа сверхпроводник-полупроводник-сверхпроводник (S-Sm-S). При этом протекание сверхтока по вискерам бесконечной длины по сравнению с протеканием сверхтока по контактам S-Sm-S имеет явное преимущество. Поэтому при $I \parallel X$, несмотря на малое объемное отношение сверхпроводящей фазы (в случае сверхпроводящих шаров в несверхпроводящей матрице сверхпроводимость осуществляется только выше объемной доли сверхпроводящей фазы 16 %), сверхпроводимость обнаруживается во всех образцах эвтектической композиции $GaSb-V_2Ga_3$.

В образцах же, имеющих форму прямоугольного длинного параллелепипеда, из эвтектической композиции $GaSb-V_2Ga_3$ в случае $I \perp X$ сверхпроводимость не осуществляется. Ясно, что при этом в образце существуют только контакты типа S-Sm-S. По-видимому, в этом случае отсутствие перехода в сверхпроводящее состояние

связано с большой толщиной полупроводниковой про-слойки (4-5 мкм) между параллельными вискерами.

Однако, из рис. 16 видно, что в случае $I \perp X$ в образце в форме длинного параллелепипеда удельное сопротивление при температуре $T=4,1$ К резко падает. По нашему мнению в таких образцах при $T=4,1$ К образуются локальные сверхпроводящие области конечных размеров. По-видимому, в этих областях вискеро-сверхпроводящей фазы расположены более плотно, чем в остальном объеме. Эти дискретные области представляют собой комбинацию контактов типа S-Sm-S.

В образцах же в виде пластины в форме квадрата сверхпроводимость обнаруживалась во всех направлениях сверхтока по отношению к вискерам. Наши многочисленные эксперименты показали, что во всех образцах эвтектики $GaSb-V_2Ga_3$, длина (в направлении вискеро-) которых равна или превышает ширину ее (перпендикулярно направлению вискеро-) при любом угле между направлением тока и вискеро-обнаруживается сверхпроводимость. Из этих результатов следует, что в этих случаях дискретные слабосвязанные области, состоящие из контактов S-Sm-S, наблюдающихся в случае длинного параллелепипеда, при $I \perp X$ в образцах с вышеприведенными формами, соединяются друг с другом. Понятно, что при направленной кристаллизации эвтектической композиции вискеро-металлической фазы V_2Ga_3 растут только по направлению движения фронта кристаллизации. Возникает вопрос. Каким образом в направленно-кристаллизованной эвтектической композиции осуществляется связь между дискретными слабосвязанными областями, состоящими из слабосвязанных S-Sm-S? Для выяснения причин этого нами фотографировались различные участки поверхности образца. Было установлено, что в различных участках образца плотность вискеро-

неоднородна.

Исходя из вышеприведенной зависимости сверхпроводимости от формы образца, а также из неоднородного распределения вискеро в полупроводниковой матрице, нами была предложена модель токовых линий, согласно которой в эвтектической композиции полупроводник-сверхпроводник длинные вискеры, растущие в направлении движения фронта кристаллизации, соединяют области с большой плотностью коротких вискеро, расстояние между которыми ($d \leq 10^{-4}$ см) порядка длины когерентности. Таким образом, прохождение сверхтока при $I \parallel X$, и при различных углах между направлением вискеро и предполагаемым направлением сверхтока объясняется моделью бесконечного кластера.

На рис.3 представлена схематическая модель эвтектической композиции с нарушением регулярности роста. Из рисунка видно, что в образце образуются бесконечные кластеры. В продольном направлении вероятность образования бесконечного кластера, созданного самими вискерами, а также межфазной границей полупроводник-сверхпроводник, гораздо больше, чем в поперечном направлении.

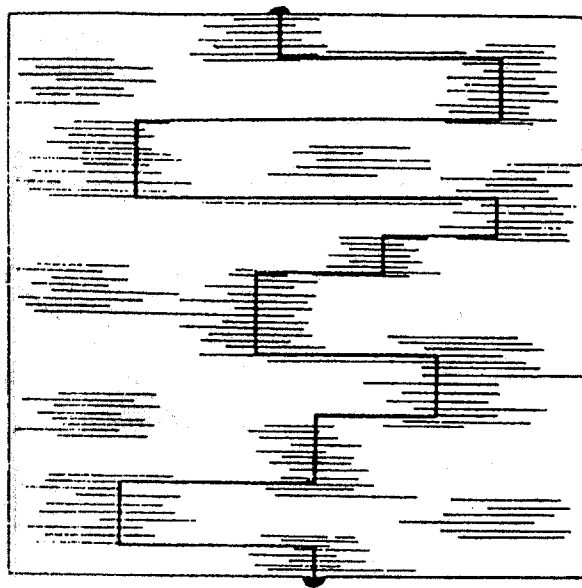


Рис.3. Модельное представление линий сверхтока в эвтектической композиции полупроводник-сверхпроводник.

- [1] М.И. Алиев, Г.И. Исаков, Ф.Ю. Алиев, А.Т. Эминзаде. Препринт №1 ИФАН Азерб. Респ., Баку, 1987, с.19.
 [2] М.И. Алиев, Г.И. Исаков, Ф.Ю. Алиев, А.Т. Эминзаде. ДАН СССР, 1989, т. 306, 3, с. 583-586.

- [3] М.И. Алиев, Г.И. Исаков, Э.А. Исаева. Сверхпроводимость: физика, химия, техника. М, 1994, т. 7, 1, с. 189-196.

Q.I. Isakov

YARIMKEÇİRİCİ-İFRATKEÇİRİCİ TİPLİ EVTEKTİK KOMPOZİSİYADA İFRATKEÇİRİCİLİYİN MƏXSUSİYYƏTİ

Yarımkəçirici-ifratkeçirici tipli GaSb-V₂GaS evtektik kompozisiyalarından hazırlanmış müxtəlif ölçülü və formalı nümunələrin ifratkeçiriciliyi tədqiq olunub. Göstərilmişdir ki, kristallaşma istiqamətində ifratcərəyan əsasən viskerlərdən keçir. Viskerlərin istiqaməti ilə ifratcərəyanın təsəvvür olunan istiqaməti arasındakı sıfırdan fərqli bucaqlarda ifratkeçirici-yarımkəçirici-ifratkeçirici tipli zəif əlaqələrin də rolu artır.

G.I. Isakov

SINGULARITY OF SUPERCONDUCTIVITY OF EUTECTIC COMPOSITION SEMICONDUCTOR-SUPERCONDUCTOR

In this paper we investigated superconductivity of samples that have different sizes and forms from eutectic composition GaSb-V₂Ga, type semiconductor-superconductor. It is shown that the overcurrent usually flow on whisker in crystallization direction. The role of weak coupling type S-Sm-S increases at non-zero angle between whisker direction and the overcurrent direction.