

**Российская Академия Наук
Научный совет РАН по проблеме
“Физика низких температур”
Министерство промышленности, науки и
технологий Российской Федерации
Уральское отделение РАН
Институт физики металлов УрО РАН
Уральский государственный университет
им. А.М. Горького**



**33-е ВСЕРОССИЙСКОЕ
СОВЕЩАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

**Тезисы докладов секций S и N:
«Сверхпроводимость» и
«Наноструктуры и Низкоразмерные Системы»**

Екатеринбург, 17-20 июня 2003 г.

МАГНИТОСОПРОТИВЛЕНИЕ КОМПОЗИТНОГО КРИОПРОВОДНИКА НА ОСНОВЕ АЛЮМИНИЯ

В.Р.Соболь^{1,2}, О.Н.Мазуренко¹, Н.В.Францкевич²

¹Институт физики твердого тела и полупроводников НАНБ
ул.П.Бровки, 17, 220726 Минск, Беларусь

²Белорусский национальный технический университет
пр.Ф.Скорины, 65, 220027 Минск, Беларусь

В алюминиевых композитных криопротопроводах, подверженных воздействию магнитного поля B , существует скачкообразная неоднородность коэффициентов Холла R^H на границе раздела между элементами Me_1 и Me_2 , в качестве которых обычно выступают высококачественный алюминий и его твердые растворы, а также медь (рис. 1).

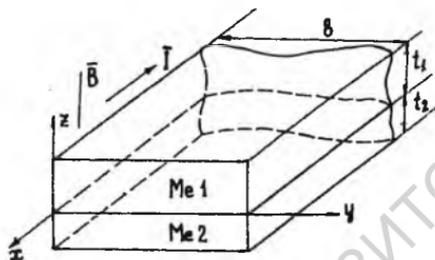


Рис. 1. Схема расположения пластинчатого композитного криопротопровода, состоящего из элементов Me_1 и Me_2 соответствующих толщин t_1 и t_2 в магнитном поле B ; b – ширина протопровода.

Расчет характеристик композита для сверхпроводящего кабеля обычно основан на приближениях, предполагающих втекание и вытекание поперечного тока через боковые грани, по которым элементы закорачиваются сверхпроводником [1, 2]. Такая модель отвечает действительности только при изолирующей границе раздела. Для проводящей границы возможно перетекание носителей между элементами через поверхность раздела.

В сообщении представлены результаты аппроксимации эффективного сопротивления композитного криопротопровода при циркулирующем по поперечному сечению тока, индуцированном полем Холла. Для композита алюминий – сплав алюминия (медь) неполная компенсация холловских электродвижущих сил должна привести к меньшему уровню сопротивления, чем для гипотетического протопровода алюминий – электронный аналог алюминия [3]. Используем условие для циркуляции вектора E вдоль контура, проходящего только по одному из элементов, его боковым поверхностям и по границе раздела. Дифференцируя, приходим к уравнению, решение которого дает экспоненциальную зависимость поперечного тока j_y от координаты z . Для задания плотности тока на границе раздела используем принцип предельного перехода, полагая, что поперечное поле E_x на грани

це раздела отсутствует при симметрии элементов по геометрии и антисимметрии холловских проводимостей элементов [3], а в противном случае определяется вкладом обоих элементов. Поле должно соответствовать холловскому одного из материалов, если второй приближается к нему по свойствам, а также при значительном превышении толщины одного элемента над другим: $E_y|_{x=0} = -E_x \frac{\sum_M^{M_1 M_2} t_M \sigma_{yxM}}{\sum_M^{M_1 M_2} t_M \sigma_{yxM}}$, здесь индекс M указывает на один из элементов, σ - компонента тензора проводимости. Определяя сопротивление ρ как коэффициент между электрическим полем и усредненной по объему плотностью тока $\rho = [(t_{M_1} + t_{M_2}) \int j_{xM_1} dz + \int j_{xM_2} dz]^{-1} E_x$, его можно представить в виде:

$$\rho = \frac{\sum_M^{M_1 M_2} t_M}{\sum_M^{M_1 M_2} \frac{t_M}{\rho_M} - \sum_M^{M_1 M_2} \frac{(R_M^H B)^2 \rho_M^{-1} \rho_M^2 + (R_M^H B)^2}{\rho_{0M} \rho_M b^{-1} [\rho_M^2 + (R_M^H B)^2]^{-1}} + R_M^H B A \left[1 - \exp\left(\frac{\rho_{0M} \rho_M t_M}{[\rho_M^2 + (R_M^H B)^2] b}\right) \right]} \quad (1)$$

здесь A - коэффициент пропорциональности между полем Холла и компонентой поля E_x , ρ_{0M} и ρ_M - продольная и поперечная компоненты тензора сопротивления.

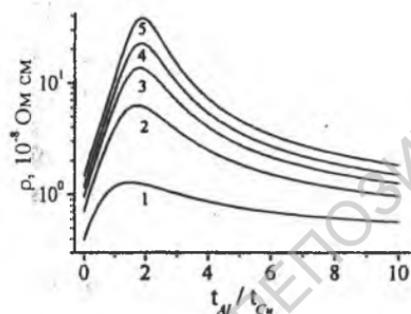


Рис. 2. Сопротивление алюминий-медного композита в функции отношения толщин составляющих его элементов t_{Al}/t_{Cu} в поле B , Тл: 1(1); 3(2); 5(3); 7(4); 10(5); $b = 1$ см; сопротивление в нулевом магнитном поле: $\rho_{Al} \cong 2 \cdot 10^{-9}$ Ом·см, $\rho_{Cu} \cong 1 \cdot 10^{-9}$ Ом·см, .

Для вычислений ρ применяли концепцию диффузионной проводимости с корневой и линейной зависимостью диагональных компонент от сильного эффективного магнитного поля и приближение квазисферичности поверхности Ферми в слабом поле. На Рис.2 приведено сопротивление в функции отношения толщин элементов композита, когда в качестве последних выступают алюминий и медь. Максимум на немонотонной зависимости отображает значительный вклад холловского дрейфа носителей в ограничение эффективности переноса заряда вдоль оси X и компенсацию холловских полей на границе раздела.

Список литературы

- [1] Н.Канеко, Cryogenics, 33, 1077 (1993).
- [2] Н.Канеко, Adv. Cryog. Eng. (Mater), 40A, 451 (1994).
- [3] В.Р.Соболь, О.Н.Мазуренко, М.Золи, НТ-32, тез.докл., 121 (2000).