

- [1] Sclar N. // Proc. Quant. Electron. 1984. V. 9. P. 149—257.
 [2] Гершензон Е. М., Мельников А. П., Шимичева Э. Л. // ФТП. 1970. Т. 4. В. 5. С. 892—899.

Институт радиотехники и электроники АН СССР
 Москва

Получено 25.01.1990
 Принято к печати 31.01.1990

ФТП, том 24, вып. 6, 1990

ЭФФЕКТ «ОТРИЦАТЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ» В $\text{Cd}_{0.1}\text{Hg}_{0.9}\text{Te}$

Хасбулатов А. М., Машовец Д. В., Попов В. В.

При измерении сопротивления $\text{Cd}_{0.1}\text{Hg}_{0.9}\text{Te}$ в магнитном поле, параллельном направлению тока в образце, обнаружено «отрицательное сопротивление» — инверсия знака сигнала на потенциальных зондах, или сигнал отрицательного магнитосопротивления (ОМС) свыше 100%.

Монокристаллический образец $\text{Cd}_{0.1}\text{Hg}_{0.9}\text{Te}$ длиной ≈ 5 мм был вырезан вдоль направления [110] в форме «креста» с двумя парами потенциальных контактов. Сопротивления в продольном магнитном поле ρ_{\parallel} , в поперечном поле ρ_{\perp} и эффект Холла измерялись по четырехзондовой схеме в стационарном ($H \leq 30$ кЭ) и импульсном ($H \leq 250$ кЭ, длительность ~ 5 мс) магнитных по-

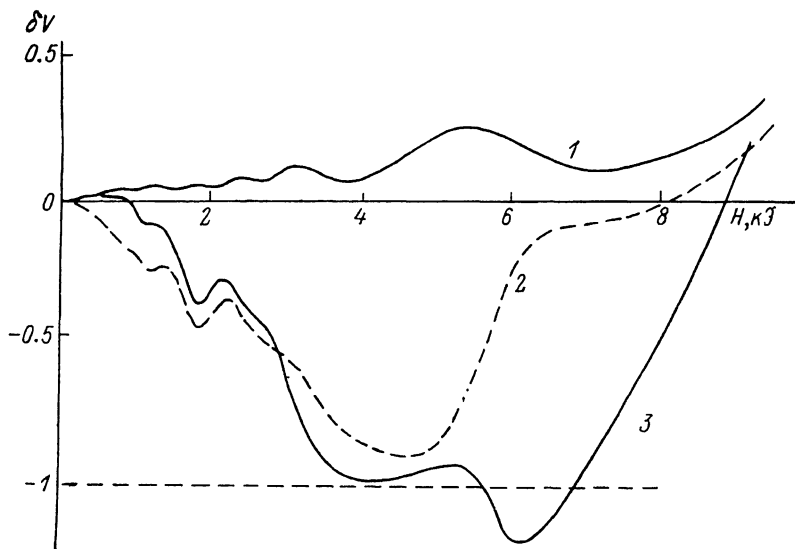


Рис. 1. Изменение сигнала сопротивления (в отн. ед.) $\Delta V = [V_{\rho}(H) - V_{\rho}(0)] / V_{\rho}(0)$ в продольном и поперечном магнитных полях при $T = 4.2$ К.

1 — $\Delta V_{\rho\perp}$, 2 — $\Delta V_{\rho\parallel}$ (непосредственно после травления), 3 — $\Delta V_{\rho\parallel}$ (через 3 суток).

лях при $T = 4.2$ и 77 К. При 4.2 К в полях до 10 кЭ наблюдались осцилляции Шубникова—де-Гааза (ШГ) величин ρ_{\parallel} и ρ_{\perp} . Значения концентрации электронов, определенные из ШГ и эффекта Холла, совпадают и равны $1.6 \cdot 10^{15}$ см $^{-3}$. Холловская подвижность электронов превышает 10^6 см 2 /В·с.

При подготовке измерений поверхность образца была протравлена раствором брома в метаноле. Контакты наносились серебряной пастой. При измерениях образец находился в криогенной жидкости.

На рис. 1 представлены экспериментальные кривые сигналов $V_{\rho\parallel}$ и $V_{\rho\perp}$. Штриховая кривая $V_{\rho\parallel}$ была снята через несколько часов после травления образца. Сплошная кривая $V_{\rho\parallel}$, демонстрирующая ОМС > 100%, была снята через несколько суток, в течение которых образец находился в комнат-

ных условиях. Измерения, проведенные при $T=77$ К, выявили ОМС ≈ 70 % в области магнитных полей до 50 кЭ.

Эффект ОМС > 100 % изучался затем в контрольной серии экспериментов, выполненной в течение трех недель без повторного травления; приблизительно за месяц эффект постепенно деградировал, и позднее наблюдался «обычный» эффект ОМС < 100 %. Контрольные эксперименты проводились как в импульсном, так и в стационарном магнитных полях с применением различной аппаратуры и включали:

— измерения сигнала $V_{p\parallel}(H)$ при четырех различных взаимных ориентациях тока и магнитного поля; получены симметричные кривые, представленные на рис. 2;

— измерения вольтамперной характеристики (ВАХ) образца в стационарном магнитном поле, соответствующем максимуму отрицательного сигнала ($H \approx$

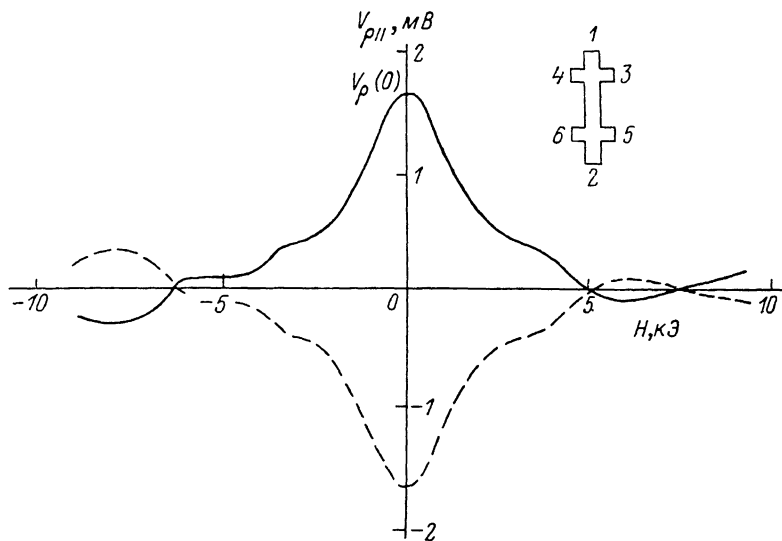


Рис. 2. Симметрия сигналов $V_{p\parallel}(H)$ на контактах 3, 5 (ток 20 мА подан через контакты 1, 2) при четырех взаимных ориентациях магнитного поля и тока.

Сигналы 4, 6 совпадают с 3, 5. При включении тока через 3, 5 и измерении напряжения 1, 2 сигналы асимметричны, но усредненный по четырем ориентациям сигнал в магнитном поле ~ 7 кЭ отрицателен.

≈ 7 кЭ); в исследованном диапазоне токов $0.1 \div 100$ мА ВАХ линейна, при этом полярность сигнала обратна по отношению к полярности сигнала при $H=0$;

— измерения в режиме импульсного тока при длительности импульсов < 1 мс (фронты ~ 1 мкс); отличий от режима постоянного тока нет;

— измерения по двухзондовой схеме (измерение напряжения на токовых контактах); на зависимостях сигнала от магнитного поля имеется участок ОМС, но знак сигнала не меняется, так что посягательств на первое начало термодинамики нет;

— измерения по четырехзондовой схеме с подключением различных пар контактов в качестве токовых и потенциальных [например, ток 3, 5, измеряемое напряжение 1, 2 либо 4, 6, либо 1, 6 (см. вставку на рис. 2)]; в этих измерениях явление «отрицательного сопротивления» подтверждалось.

Мы вынуждены предположить, что наблюдавшийся эффект вызван особыми свойствами образца, а не ошибкой измерительной методики.

Для бесцелевых кристаллов $Cd_{0.1}Hg_{0.9}Te$ характерно образование поверхностного слоя высокой проводимости, иногда определяющего электрические свойства образца. Существенная роль этого фактора в формировании «отрицательного сопротивления» подтверждается изменением свойств образца в течение месяца.

Мы предполагаем, что наблюдаемый эффект обусловлен тем, что в поверхностном слое образца возникают токи (направление которых обратно по отношению

к измерительному току), компенсирующие некий не известный нам процесс в объеме образца, т. е. образец ведет себя как многослойная система.

В этой ситуации из исследованных нами свойств эффекта наиболее трудно объяснима линейность ВАХ. По-видимому, объемный процесс, не будучи омическим сопротивлением, прямо пропорционален величине измерительного тока. Таким процессом могло бы быть, например, излучение фононов, возникающих в эффекте Пельтье на токовых контактах, и увлечение фононами тяжелых дырок в условиях, когда электронная компонента проводимости подавлена магнитным полем. В этой ситуации на поверхности может возникнуть встречный ток, компенсирующий термоэдс увлечения и приводящий к аномальному «отрицательному сопротивлению». Возможны, конечно, и иные механизмы. Вопрос остается открытым, он требует дальнейшего изучения.

Авторы выражают признательность Ю. М. Гальперину и Р. В. Парфеньеву за обсуждение.

Институт физики

Дагестанского филиала АН СССР

Махачкала

Физико-технический институт

им. А. Ф. Иоффе АН СССР

Ленинград

Получено 29.01.1990

Принято к печати 31.01.1990

ФТП, том 24, вып. 6, 1990

СТРУКТУРНАЯ УПОРЯДОЧЕННОСТЬ И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АМОРФНОГО КРЕМНИЯ

Соколов А. П., Шебанин А. П.

Изучению влияния структурной разупорядоченности на оптические свойства аморфного кремния посвящено большое число работ. В широком ряде образцов α -Si и α -Si : H проанализированы корреляции между изменениями оптической ширины запрещенной зоны $E_{\text{опт}}$ и полуширины основной моды $\Delta\omega_{\text{то}}$ в спектре комбинационного рассеяния света (КРС) [1-3]. На основе этого анализа были сделаны выводы о влиянии дисперсии углов связей на $E_{\text{опт}}$. Эксперименты показали, что в зависимости от условий приготовления и термической обработки образцов в спектрах КРС наблюдаются не только изменения $\Delta\omega_{\text{то}}$, но и значительные изменения амплитуды низкочастотной, так называемой ТА-моды. Однако до настоящего времени эти изменения подробно не изучались.

В данной работе впервые обнаружены корреляции между изменениями амплитуды ТА-пики в спектре КРС и $E_{\text{опт}}$ в образцах α -Si и α -Si : H. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о влиянии степени упорядоченности структуры на масштабах $\geq 4-5 \text{ \AA}$ на ширину запрещенной зоны аморфного кремния.

Для измерений использовались образцы α -Si, изготовленные методом ионно-плазменного распыления, и образцы α -Si : H, полученные методом ВЧ разложения силаносодержащей газовой смеси при $T_S=320 \text{ }^\circ\text{C}$. В дальнейшем образцы подвергались термическому отжигу в вакууме при $T=200-500 \text{ }^\circ\text{C}$, что приводило к изменению их структуры и оптических свойств. Спектры КРС измерялись на приборе «U-1000» при спектральной ширине щелей 4 см^{-1} и возбуждающем излучении $\lambda=514 \text{ нм}$. Вектор поля возбуждающего света находился в плоскости рассеяния. Коэффициент оптического поглощения α вычислялся по спектрам пропускания и отражения на основе выражений, учитывающих интерференционные эффекты. Значение $E_{\text{опт}}$ определялось по квадратичной аппроксимации межзонного поглощения