

ДЕЛОКАЛИЗАЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ В АНТИФЕРРОМАГНИТНОМ ПОЛУПРОВОДНИКЕ EuTe В СИЛЬНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ПОЛЕ

В. В. Осипов, И. В. Кочев

Известно, что в АФМ полупроводнике EuTe при $T < T_N$ происходит локализация подвижных носителей заряда — вследствие $s-d$ -обменного взаимодействия электрон проводимости понижает свою энергию за счет ферромагнитного упорядочения близлежащих локализованных магнитных моментов в антиферромагнитной матрице [1]. В ряде случаев могут образоваться «проводящие» ферромагнитные капли в антиферромагнитной изолирующей матрице, содержащие несколько захваченных подвижных электронов и локализованные около дефектов образца [2]. В результате сопротивление полупроводника при переходе в антиферромагнитную область увеличивается [3].

Рассмотрим качественно поведение такой электрически неоднородной системы в сильном электрическом поле. В этом случае проводящие локализованные капли могут шунтировать ток через кристалл, так что все электрическое поле сосредоточено на изолирующих промежутках. При достаточно большой величине поля подвижные электроны (всегда присутствующие в изолирующей фазе при $T > 0$) могут выбивать локализованные в этих каплях электроны в зону проводимости, разрушая каплю, приводя к усилению электрического поля на остающихся изолирующих промежутках и, таким образом, к лавинному делокализационному пробое кристалла и установлению в нем электрически однородного состояния. В новом состоянии, однако, новое значение электрического поля (за счет исчезновения шунтирующих капель) уже оказывается меньше, чем в начале этого процесса, и электроны вновь начинают локализовываться. В результате вновь возможно возникновение проводящих капель, могущих шунтировать изолирующую матрицу. Таким образом, может возникать электрическая неустойчивость, связанная с периодическим переходом кристалла из изолирующего в проводящее состояние и соответствующей модуляцией тока во внешней электрической цепи. Наибольшая частота такой модуляции должна ограничиваться сверху временем локализации — делокализации электронов в проводящие капли.

Нами исследованы монокристаллы EuTe ($\sigma_{300\text{ K}} \approx 10^2 \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$, $n_{300\text{ K}} \leq \leq 10^{19} \text{ см}^{-3}$, $\sigma_{4.2\text{ K}} = 10^{-3} - 10^{-4} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$). До $T = 160 - 170 \text{ K}$ зависимость $\rho(T)$ имеет квазиметаллический характер, при дальнейшем понижении температуры происходит увеличение электросопротивления.

На рис. 1 изображены импульсы напряжения на потенциальных контактах и импульсы тока через образец. До достижения порогового значения $E = 1 - 2 \text{ кВ} \cdot \text{см}^{-1}$ импульсы напряжения и тока прямоугольны. После достижения порогового значения напряжения вблизи заднего фронта импульса тока появляется треугольный выброс, величина тока в нем увеличивается в 10—20 раз, длительность нарастания и спада $\approx 0.7 \text{ мкс}$. По мере дальнейшего увеличения напряжения выброс, не меняя формы,

смещается по импульсу влево, далее появляется второй выброс, движущийся также влево, затем третий и т. д., причем расстояние между ними сокращается. Импульс напряжения на потенциальных контактах при этом остается прямоугольным.

Данный результат может быть интерпретирован в рамках обсуждавшейся выше делокализационной неустойчивости. Для проверки этого предположения был проведен следующий эксперимент. Известно, что делокализация может быть также осуществлена магнитным полем. При этом сопротивление монокристалла существенно падает [1-3]. Нами измерялось время установления магнитосопротивления при подаче импульса внешнего магнитного поля величиной несколько эрстед и длительностью 2 мкс с наносекундными фронтами. Такое поле можно получить, намотав

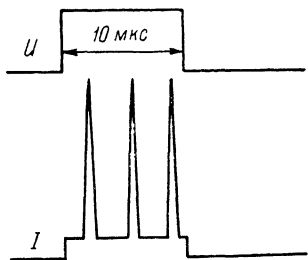


Рис. 1. Форма импульсов тока и напряжения в EuTe при $T=4.2$ К.

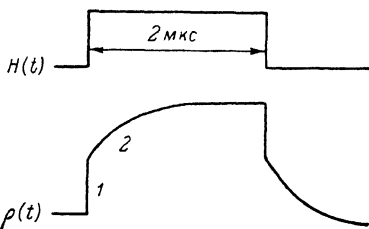


Рис. 2. Установление сопротивления в EuTe в результате действия короткого импульса магнитного поля.

несколько витков тонкого провода на образец и пропустив через эту катушку импульс тока через согласующий резистр. Вследствие низкой чувствительности данного метода и с целью получения максимальной амплитуды сигнала $\rho(t)$ параллельно импульсному магнитному полю для достижения участка $\rho(H)$ с максимальным наклоном прилагалось постоянное внешнее магнитное поле.

На рис. 2 показан отклик сопротивления на импульс магнитного поля для того же образца при $T=4.2$ К. Видно, что он состоит из двух участков длительностью 50 нс и ≈ 0.7 мкс. Первое время представляет собой время установления регистрирующей системы и не несет полезной информации о процессе на участке 1. Второе время изменяется от 0.7 мкс при $T=4.2$ К до ≈ 0.1 мкс при $T=T_N=9.6$ К. При $T > T_N$ медленный участок пропадает. Следовательно, при $T=4.2$ К общее время установления сопротивления, связанное с делокализацией, составляет ≈ 0.7 мкс, что совпадает со временем выбросов тока на рис. 1.

Таким образом, данная неустойчивость может быть объяснена периодической делокализацией носителей. Для образцов с несколько большей степенью легирования ($n \geq 10^{19}$ см $^{-3}$) и соответственно другими параметрами проводящей и изолирующей фаз подобных неустойчивостей не обнаружено.

Список литературы

- [1] Нагаев Э. Л. Физика магнитных полупроводников. М.: Наука, 1979. 344 с.
- [2] Нагаев Э. Л. Магнетики со сложными взаимодействиями. М.: Наука, 1988. 183 с.
- [3] Shapira J. et al. // Phys. Rev. B. 1972. V. 5. P. 2647.

Институт физики металлов УрО АН СССР
Свердловск

Поступило в Редакцию
17 июля 1990 г.