

О возможности проявления ВТСП с повышенными T_c в интерфейсах $\text{CuO} - \text{Cu}$ и $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8} - \text{Cu}$

В.В.Осипов, С.В.Наумов

Институт физики металлов УрО РАН, 620219, Екатеринбург, Россия.

Исследованы температурные зависимости электропроводности и вольт-амперные характеристики (ВАХ) образцов, представляющих собой монокристаллы CuO , на естественные грани которых нанесена термическим испарением в вакууме или электролизом пленка Cu . Показано, что на ряде образцов после электротермического или термического отжига электропроводность, отнесенная к пленкам Cu , возрастает в десятки, сотни и даже более чем в 150 тысяч раз по сравнению с контрольными пленками Cu на ситалле. Полученные результаты объясняются образованием между CuO и Cu интерфейсного слоя, природа высокой электропроводности которого в настоящее время неясна. Предполагается, что связанная с этим слоем гигантская электропроводность, ее ВТСП-подобное изменение с температурой и нелинейность ВАХ могут быть обусловлены формированием сверхпроводящих областей с T_c значительно превышающими 400К

С целью выяснения предварительной возможности создания полевого транзистора в структурах типа ВТСП-изолятор-металл и CuO -изолятор- Cu исследовано экранирование радиочастотного магнитного поля более простыми контактными структурами - интерфейсами $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ - Cu и CuO - Cu , не обладающими эффектом гигантской электропроводности, при пропускании тока через них перпендикулярно плоскости контакта. Образцы изготавливались из монокристаллов CuO и $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ на естественные грани которых термическим испарением в вакууме наносилась пленка Cu . Получены следующие основные результаты. При приложении к контакту отрицательных импульсов электрического поля перпендикулярно его плоскости обнаружено возникновение магнитного экранирования радиочастотного магнитного поля при создании обогащенного носителями заряда слоя вблизи контакта. При противоположной полярности импульсов (создание обедненного слоя) никаких изменений в экранировании обнаружено не было. При этом вольт-амперная характеристика обладала выпрямляющими свойствами (диод Шоттки). Начало возникновения экранирования в обоих случаях сдвигалось в сторону комнатной температуры и выше при увеличении амплитуды импульсов электрического поля.

Исследованы электрические и магнитоэкранирующие свойства интерфейсов CuO - Cu и $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8} - \text{Cu}$. Образцы изготавливались из монокристаллов CuO и $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$, на естественные грани которых наносилась пленка Cu . На монокристаллы CuO пленка Cu наносилась как термическим испарением в вакууме, так и электролизом. На монокристаллы $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8}$ пленка Cu наносилась термическим испарением в вакууме. Получены следующие основные результаты.

Для ряда образцов CuO - Cu показано, что после электротермического или термического отжига электропроводность, отнесенная к пленкам Cu , возрастает в десятки, сотни и даже более чем в 150 тысяч раз по сравнению с контрольными пленками Cu на ситалле. Полученные результаты объясняются образованием между CuO и Cu интерфейсного слоя высокой электропроводности, шунтирующего пленку Cu . Так, для одного из образцов CuO - Cu электропроводность интерфейса превышала электропроводность Cu более, чем в 6×10^6 раз при $T=293$ К. Для других образцов это соотношение было меньше. Толщина интерфейсного слоя, оцененная из диффузионных экспериментов, составляла около 10 нм и менее. Природа высокой электропроводности интерфейсного слоя в настоящее время неясна. Предполагается, что связанная с этим слоем гигантская электропроводность, ее ВТСП-подобное изменение с температурой и нелинейность ВАХ (измеряемая величина криточного тока, плотность которого могла составлять до 10^8 А/см² и менее) могут быть обусловлены формированием в интерфейсе сверхпроводящих областей с T_c , значительно превышающими 400К [1,2]. В частности, величина резкого увеличения электропроводности при понижении температуры достигала 10^5 . Отметим, что никакого сигнала, связанного с эффектом Мейснера, на образцах $\text{CuO} - \text{Cu}$, обнаружено не было, что, по-видимому, свидетельствует о малой толщине слоя сверхпроводящей фазы (≈ 10 нм), меньшей глубины проникновения магнитного поля, если сверхпроводящая фаза все же существует. Эксперименты по электрохимическому наращиванию и травлению пленки Cu на поверхность монокристалла CuO показали, что интерфейс может представлять собой отдельную химическую фазу, в которой атомы Cu связаны сильнее, чем в металле Cu , но слабее, чем в CuO . Теория ВТСП в купратах с $T_c \leq 1200$ К была предложена в [3]. На образцах $\text{Y}_1\text{Ba}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7.8} - \text{Cu}$ аналогичного эффекта увеличения электропроводности обнаружено не было.

Имеется также ряд теоретических работ, предсказывающих, что в структуре тонкая пленка ВТСП - изолятор - металл (подобной структуре полевого транзистора) при подаче на металлический электрод (затвор) электрического потенциала за счет туннельного тока через тонкий слой изолятора возможно создание обогащенной или обедненной концентрации носителей заряда в пленке ВТСП. Такое изменение концентрации носителей заряда в пленке ВТСП должно приводить, согласно теории, к изменению характеристик основного состояния носителей в ВТСП и, следовательно, к рассчитанному авторами увеличению температуры T_C в ВТСП. В этих работах предлагалось использовать такие структуры в качестве полевых транзисторов со сверхпроводящим ВТСП каналом. В обзоре теоретических и экспериментальных работ по этой теме [4], и, в частности, в [5], отмечается, что в такой структуре на основе пленки $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ обнаружено увеличение T_C до 30К при обогащении $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ носителями заряда. С другой стороны, обогащение носителями заряда возможно также и в более простой структуре типа полупроводник-металл (диод Шоттки).

Поэтому другая серия экспериментов по экранированию радиочастотного магнитного поля под воздействием импульсов электрического поля была проведена на образцах $Y_1Ba_2Cu_3O_{7-\delta}$ - Cu и CuO - Cu не имеющих какого-либо аналогичного описанному выше заметного падения электросопротивления пленки Cu за счет интерфейса. Образец располагался между приемной и передающей катушками. Радиочастотное магнитное и электрическое поля прикладывались перпендикулярно плоскости интерфейса. Для интерфейсов обоих видов было обнаружено возникновение магнитного экранирования при полярностях электрического поля, соответствующих созданию обогащенного носителями заряда слоя вблизи контакта полупроводник р-типа-металл. Начало возникновения магнитного экранирования сдвигалось, по мере увеличения амплитуды импульсов, до 300К и выше. Относительная величина эффекта экранирования составляла $10^{-3} - 10^{-2}$. Необходимо отметить, что заметного перколяционного изменения электропроводности в системе «пленка Cu + интерфейс», связанного с возникновением сверхпроводящего канала вблизи контакта во время действия импульса, обнаружено не было.

Эта работа была поддержана программой 40.012.1.1.1153 "Магнитоэлектроника", и программой Президиума РАН «Квантовая макрофизика».

1. В.В. Осипов, А.А. Самохвалов, Физ.мет. и металл. **89**, 43 (2000).

2. В.В. Осипов, И.В. Кочев, С.В.Наумов, ЖЭТФ, **120**, 1246 (2001).

3. A. V. Mitin, Proc. of the XIV Ural Int. Winter School on the Physics of Semiconductors, (Ekaterinburg, 18-22 Febr. 2002), L10

4. P. Konsin and B. Sorkin, Phys. Rev. B **58**, 5795 (1998).

5. J. Mannhart, J. Strobel, J. G. Bednorz, and Ch. Gerber, Appl.Phys. Lett. **62**, 630 (1993)