

# Квантовые осцилляции, интерференция и магнитный пробой в квази-двумерных органических проводниках

Р. Б. Любовский

Институт проблем химической физики РАН, Черноголовка, Московская обл., Россия

Квази-двумерные органические соли с переносом заряда привлекают в последние десятилетия значительное внимание исследователей, так как их электронные свойства часто демонстрируют удивительную красоту и простоту для понимания. Их изучение дает богатую информацию о таких базисных физических свойствах, как зонная структура, магнетизм и сверхпроводимость. Они могут быть отличными модельными объектами для изучения эффектов электрон-электронной корреляции и различных типов зарядовых упорядочений в двумерных системах. Кристаллическая структура этих солей формируется путем чередования проводящих катионных слоев, состоящих чаще всего из молекул BEDT-TTF (бис-(этилендито)тетратиафульвален) и его производных, и диэлектрических анионных слоев. Физические свойства этих солей можно существенно изменять путем незначительных вариаций состава и структуры каждого слоя. В зависимости от упаковки молекул в проводящем катионном слое и химического состава анионов соли с переносом заряда могут характеризоваться широким набором электронных свойств от диэлектриков до сверхпроводников, включая различные типы неустойчивостей.

Металлическое и сверхпроводящее состояния органических проводников очень чувствительны к влиянию внешних параметров, таких, как температура, давление и магнитное поле. Различные вариации этих параметров могут приводить к появлению волн зарядовой или спиновой плотности, к слабому ферро- или антиферромагнетизму, а также к сверхпроводимости. Высокие магнитные поля оказались наиболее эффективными для исследования электронной структуры низкоразмерных систем, поскольку в таких полях они демонстрируют ряд новых явлений, таких, как квантовый эффект Холла, угловые осцилляции магнитосопротивления, гигантские амплитуды квантовых осцилляций. Квантовые осцилляции магнитосопротивления (эффект Шубникова-де Гааза) (ШдГ) и намагниченности (эффект де Гааз-ван Альфена) (дГвА) являются наиболее важными методами для изучения поверхности Ферми низкоразмерных систем, а знание электронной структуры и поверх-

ности Ферми является ключевым для наилучшего понимания природы органических металлов.

Явления, наблюдаемые в низкоразмерных органических металлах, могут быть разделены на три группы. К первой группе относятся явления, хорошо известные для обычных трехмерных металлов. Это, например, так называемые спиновые нули. Однако, анализ положения спиновых нулей именно для двумерных электронных систем позволил получить информацию, которая недоступна для трехмерных систем.

Вторая группа содержит явления, очень редкие и даже экзотические для обычных металлов. Это так называемая квантовая интерференция. В квазидвумерных металлах этот эффект легко наблюдаем и встречается довольно часто. В отличие от трехмерных металлов, этот эффект почти не зависит от направления магнитного поля и может быть детально изучен.

Третья группа включает явления, которые в принципе нельзя наблюдать в обычных металлах. Это так называемые полуклассические угловые осцилляции магнитосопротивления. Этот эффект является следствием движения электронов вдоль цилиндрической гофрированной поверхности Ферми, характерной для квазидвумерных электронных систем. Детальное исследование таких осцилляций позволяет получить точную форму поперечного сечения поверхности Ферми, перпендикулярной магнитному полю.

Наиболее интересные результаты квантовых осцилляций можно получить, если в рамках первой зоны Бриллюэна располагается несколько листов поверхности Ферми. В органических металлах, имеющих такую поверхность Ферми, в высоких магнитных полях возможен магнитный пробой между соседними орбитами и туннелирование электронов с одной зоны в другую с образованием орбит большего размера. В этом случае спектр квантовых осцилляций может состоять из сложной комбинации частот, связанных с фундаментальными частотами, с магнитным пробоем и соответственно с орбитами большого размера, с квантовой интерференцией, а также с возможными осцилляциями хипотенциала.

В данном докладе рассмотрены результаты изучения квантовых осцилляций магнитосопротивления и намагниченности в высоких магнитных полях и гелиевых температурах для двух квазидвумерных органических металлов  $(\text{BEDO-TTF})_5[\text{CsHg}(\text{SCN})_4]_2$  (I), где BEDO-TTF — бис-(этилендиокси)тетрафлуорвален и  $(\text{BEDT-TTF})_8[\text{Hg}_4\text{Cl}_{12}(\text{C}_6\text{H}_5\text{Cl})_2]$  (II). Из данных по кристаллической структуре для обеих солей были определены электронные спектры и предложена теоретическая форма поверхностей Ферми. В связи со спецификой перекрывания молекулярных орбит в катионных слоях каждой соли, поверхность Ферми для соли I характеризуется одномерной цепочкой свя-

занных магнитопробойных орбит, а для соли II характерна двумерная сетка связанных магнитопробойных орбит. Спектры квантовых осцилляций ШдГ и дГВА для обеих солей содержат большой набор частот. В рамках модели Лифшица-Косевича проведен анализ всех наблюдаемых частот. Показано, что ряд частот хорошо описывается движением электронов по сложным замкнутым орбитам, а некоторые частоты описываются движением электронов по открытым орбитам с последующей квантовой интерференцией. Проанализированы эффективные массы всех частот. Количественный анализ амплитуд осцилляций для соли II показал, что некоторые частоты нельзя описать в рамках предлагаемой модели, и их природа остается пока неясной.

На примере изучаемых солей продемонстрированы все три специфические особенности квантовых осцилляций в низкоразмерных органических проводниках по сравнению с обычными металлами.

Работа выполнялась при поддержке фонда РФФИ (03-02-16606 и 04-03-32296).