

Тема: Фотогальванические эффекты в сверхпроводниках и гибридных структурах

Александр Сергеевич Мельников, МФТИ, asmeln@rambler.ru, +7 910 3929860

Задача: Рассчитать постоянный во времени (dc) магнитный момент и dc магнитное поле, индуцированные в сверхпроводнике под действием циркулярно поляризованного электромагнитного облучения в рамках двухжидкостной модели в широком интервале температур (обратный эффект Фарадея). (ориентирована на студентов 2-ого или 3-его курсов)

Краткое описание. Интерес к фотогальваническим эффектам и эффектам увлечения электронов фотонами в сверхпроводниках связан с перспективами их использования для создания сверхпроводящих токовых состояний и их переключения (управления ими) с помощью света. Помимо такой утилитарной цели интересно просто понимать как притяжение между электронами и образование куперовских пар влияет на нелинейное взаимодействие сверхпроводника с электромагнитной волной. При этом речь идет об эффектах, связанных с квадратичной нелинейностью в электромагнитном отклике системы (например, соотношении между током и электрическим полем). Квадратичная нелинейность очевидно приводит к появлению отклика на нулевой (эффект выпрямления) и удвоенной частоте. Одним из следствий наличия такой нелинейности является обратный эффект Фарадея – генерация dc магнитного момента в среде под действием циркулярно поляризованного электромагнитного облучения (общие соображения можно посмотреть в 8 томе курса Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц - «Электродинамика сплошных сред»).

Для расчета dc магнитного момента и магнитного поля, возникающих под действием циркулярно поляризованной электромагнитной волны предлагается использовать двухжидкостную модель электромагнитного отклика сверхпроводника (В.В.Шмидт «Введение в физику сверхпроводников» или любой другой учебник по сверхпроводимости), модифицированную с учетом квадратичной нелинейности в рамках некоторого варианта гидродинамического подхода в духе работы R.Hertel, J. Magn. Magn. Mater. 303, L1 (2006). Для решения задачи потребуется также знакомство с моделью Друдэ частотно зависящей проводимости в металлах (Н.Ашкрофт, Н.Мермин, «Физика твердого тела» или любой другой учебник по физике твердого тела). По сути необходимо выполнить обобщение работы R.Hertel на случай проводимости, которая получается в рамках двухжидкостной модели сверхпроводника с учетом известных соотношений для концентраций сверхпроводящих и несверхпроводящих носителей тока. Далее необходимо будет учесть экранировку возникающего dc магнитного момента экранирующими сверхпроводящими токами в рамках лондоновской теории (В.В.Шмидт «Введение в физику сверхпроводников» или любой другой учебник по сверхпроводимости).

При успешном решении задачи будет предложено учесть в отклике генерацию потенциала зарядового разбаланса в сверхпроводнике (разности химических потенциалов несверхпроводящих и сверхпроводящих электронов) и сравнить полученные результаты с работами S.V.Mironov et al. Phys. Rev. Lett. 126, 137002 (2021); Phys. Rev. Lett. 132, 096001 (2024), справедливыми вблизи критической температуры сверхпроводящего перехода. Также при успешном решении задачи можно будет использовать теорию Друдэ и двухжидкостную модель для расчета тока увлечения электронов фотонами (в духе подхода E. L. Ivchenko, Phys. Status Solidi B 249, 2538 (2012), примененного ранее для несверхпроводящих систем).

Задача, таким образом, включает несколько последовательных этапов различного уровня сложности и в этом плане может решаться студентами как второго, так и третьего курса (количество решенных этапов будет просто определяться подготовкой студента и интенсивностью работы).