

ДРОПЛЕТОН

Овчинникова Д. А., Тарасенко М. П.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь

Горячун Н. В. — старший преподаватель

Аннотация. Статья исследует влияние формирования дроплетонов на поведение свободных электронов в оптоэлектронных устройствах. Отмечается значимое воздействие этих эффектов на работу и производительность устройств. Управление формированием дроплетонов открывает перспективы для улучшения и повышения эффективности оптоэлектроники. Контроль над этими эффектами может сделать устройства более продуктивными и быстрыми, способствуя развитию и оптимизации технологий оптоэлектроники.

Дроплетон — новая квантовая квазичастица, обладающая необычными свойствами, показана на рисунке 1 [1].

Группа ученых-физиков из Германии и США создала новый вид экзотической квантовой квазичастицы, которую можно назвать квантовой каплей или дроплетоном (droplet). Квазичастицами называют особые “виртуальные” частицы. Классическим примером квазичастицы является дырка в полупроводнике или фонон — квант колебаний кристаллической решетки в твердом теле.

Ранее известным примером квазичастицы является экситон, наглядно показанный на рисунке 2, пара электрона и «дырки» — места в энергетической структуре материала, где электрон мог бы находиться, но не находится [5].



Рисунок 1— Дроплетон

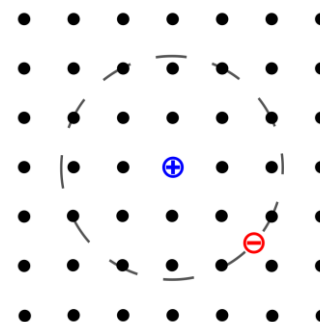


Рисунок 2 — Экситон

Квантовые капли обнаружались в экспериментах физиков неожиданно — существование подобного типа квазичастиц до настоящего исследования никем не было предсказано. Эксперименты проводились над охлажденным арсенидом галлия [3]. Эта частица, являющаяся объединением нескольких разнородных частиц меньшего размера, при некоторых условиях демонстрирует поведение и свойства, присущие свойствам капли жидкости. Во время исследований выяснилось, что электроны и дырки в материале ведут себя неожиданно. Они формируют группы из четырех, пяти, шести экситонов, которые ведут себя в квантово-связанном кластере как молекулы в жидкости. Именно поэтому новую квазичастицу авторы решили назвать квантовой каплей. Эта конфигурация существует в плазме и обладает квантованием из-за своего малого размера. Её заряд-нейтрален и содержит небольшое количество частиц с парной корреляционной функцией, характерной для жидкости. То есть это искусственная квазичастица, представляющая собой совокупность электронов и дырок внутри полупроводника и первая известная квазичастица, ведущая себя как жидкость [4].

Экспериментально дроплетоны были обнаружены в дырочной плазме внутри арсенида-галлиевой квантовой ямы вследствие её облучения сверхкороткими лазерными импульсами. До этого эксперимента предсказания существования дроплетонов не были известны. Возникающая в результате неравновесная квантовая кинетика настолько сложна, что стабильные агрегаты, содержащие три или более кулоновско-коррелированных электронно-дырочных пар, остаются по большей части неисследованными.

Данное открытие, по мнению ученых, окажет весомое влияние на развитие некоторых областей нанотехнологий и может быть использовано для создания новых типов оптоэлектронных устройств, примеры которых рассмотрены на рисунке 3, включая твердотельные лазеры, показанные на рисунке 4, широко используемые в телекоммуникация и в потребительской электронике.



Рисунок 3 – Примеры оптоэлектронных устройств



Рисунок 4 – Твердотельные лазеры

Ученые предвидят практическую ценность открытия. Дополнительные взаимодействия квазичастиц могут также создавать сильно коррелированные конфигурации, приводящие к новым макроскопическим явлениям.

Квантовая капля, дроплетон, представляет собой почти неуловимое явление. В своих экспериментах ученые-физики использовали ультраскоростной лазер, испускающий приблизительно 100 миллионов импульсов света в секунду. Свет этого лазера и некоторые другие условия окружающей среды привели к формированию в арсениде галлия дроплетонов, которые существовали всего на протяжении 25 пикосекунд [5].

Несмотря на столь короткое время существования дроплетона, эта частица весьма стабильна и времени ее существования вполне достаточно ученым для проведения исследований в области изучения взаимодействия света с некоторыми определенными типами материи. Дроплетон имеет ширину 200 нанометров, как у мельчайшей бактерии, и можно ожидать, что квантовый дроплетон можно будет наблюдать визуально [2].

Квазичастица, Экситон (exciton), была известна ученым уже достаточно давно. Экситон состоит из комбинации свободного электрона и электронной дырки, места в кристаллической решетке полупроводникового материала, в котором отсутствует одна электронная связь. Квантовая капля, в отличие от экситона, состоит из пяти свободных электронов и пяти электронных дырок и обладает некоторыми уникальными свойствами, присущими жидкостям. В частности, по поверхности дроплетона может идти волновая "рябь", почти такая же, которую можно наблюдать на поверхности воды [1].

Эффекты, которые приводят к формированию дроплетонов, влияют на поведение свободных электронов в оптоэлектронных устройствах. Управляя этими эффектами можно сделать оптоэлектронные устройства более эффективными и быстродействующими.

Список использованных источников:

1. Дроплетон — новая квантовая квазичастица, обладающая необычными свойствами / Новости науки / URL : <http://www.sinp.msu.ru/ru/post/17404>
2. Материал из Википедии — свободная энциклопедия / Wikiwand, 2014 // URL : <https://www.wikiwand.com/ru/Дроплетон>
3. «Зоопарк» квазичастиц пополнился квантовыми каплями / URL : <https://lenta.ru/news/2014/02/27/quantumdrops/>
4. Quantum droplets of electrons and holes / A. E. Almand-Hunter, H. Li, S. T. Cundiff, M. Mootz, M. Kira // Nature 506, 471-475, 2014 // URL : <https://www.nature.com/articles/nature12994>
5. Meet the Dropletion, Weird New Particle Created by Scientists / Reuters // Science news, 2014 // URL : <https://www.nbcnews.com/science/science-news/meet-dropleton-weird-new-particle-created-scientists-n39736>