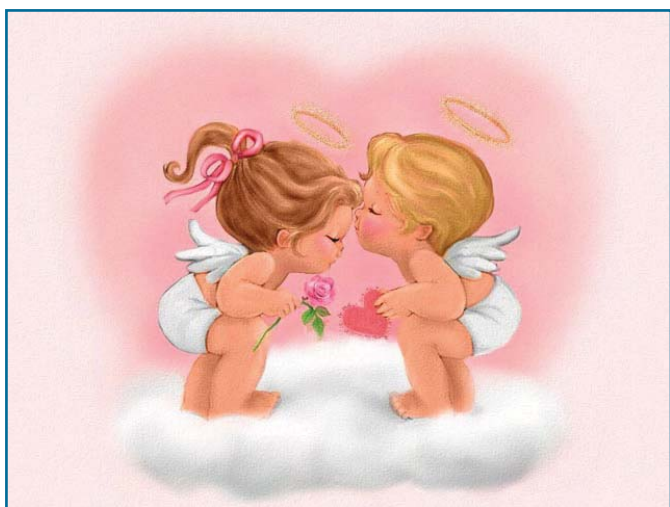


ЭКСИТОН (Exciton)

«Мы с Тamarой ходим парой».
Агния Барто



Представьте себе влюбленную пару. Они всюду ходят вместе и практически никогда не разлучаются. Судьба даже может развести их на большое расстояние, но они все равно помнят друг о друге и когда-нибудь обязательно встретятся. Радость от встречи после долгой разлуки только сильнее – пара будет светиться от счастья, излучая радость и веселье (или энергию на обычном физическом языке). Однако если кому-то из них придется навсегда оставить свою половинку и уехать в другую страну, со временем они забудут друг о друге и найдут себе новых возлюбленных.

Точно так же происходит и с электронами в полупроводнике. Если электрон поглотил квант света, но его энергии оказалось недостаточно, чтобы преодолеть «энергетическую щель» и перейти в зону проводимости (навсегда уехать от любимого человека), он окажется на некотором промежуточном энергетическом уровне, не ухо-

дя от образовавшейся в валентной зоне дырки и взаимодействуя с ней посредством электростатических сил. Этот электрон, хотя и «потерял» свою пару под воздействием обстоятельств, будет находиться в непосредственной близости от нее, помнить о ней и иметь возможность ее найти. Такое связанное состояние электрон–дырка называется экситоном (от лат. *excito* — возбуждаю). У электрон-дырочной пары есть возможность снова объединиться (аннигилировать), испустив квант света, и вернуться в свое исходное состояние (экситонный переход). При этом соседний атом может поглотить выделяющийся квант энергии, в результате чего возникнет новая экситонная пара, которая затем тоже исчезнет, а электронное возбуждение будет передаваться дальше от атома к атому, мигрируя по кристаллу. Но есть у экситона и другая возможность – поглотив дополнительную энергию, электрон может стать свободным, допрыгнув до зоны проводимости и обеспечив вклад в плотность свободных носителей заряда в данном материале.

Таким образом, экситон в твердом теле можно считать элементарной квазичастицей в тех случаях, когда он выступает как целое образование, не подвергаясь воздействиям, способным его разрушить. Энергия связи дырки и электрона определяет радиус экситона, который является характеристической величиной для каждого вещества. Как показывает практика, в полупроводниках энергия связи экситона мала (не превышает 10 мэВ), а наибольшим борновским радиусом экситона обладают полупроводники типа $A^{IV}B^{VI}$.

Например, для сульфида и селенида свинца эта величина составляет 2 и 4,6 нм соответственно, а для сульфида кадмия – не превышает 0,6 нм.

С образованием и уничтожением экситонов связывают особенности оптических спектров *наноструктур*, в которых резкие линейчатые компоненты, нехарактерные для макроскопических тел, наблюдаются вплоть до комнатных температур. Наиболее интересная ситуация возникает в *наноматериалах*, когда размер *нанокристалла* становится меньше радиуса свободного экситона

(боровского радиуса) – электрон-дырочная пара оказывается как бы зажатая в потенциальной яме. В этом случае говорят о *квантово-размерном эффекте*, а энергетический спектр такой частицы рассчитывают с использованием *уравнения Шрёдингера*. Оказывается, что величина энергии связи экситона зависит от размера частицы, поэтому, получая монодисперсные *наночастицы* различных размеров, можно управлять энергиями экситонных переходов в широком диапазоне оптического спектра.

Литература:

1. Белявский В.И. Экситоны в низкоразмерных системах // СОЖ. 1997. № 5. С. 93–99.
2. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. М.: Высшая школа, 2000.