

Экситон

Материал из Википедии — свободной энциклопедии

Эксито́н (лат. *excito* — «возбуждаю») — квазичастица, представляющая собой электронное возбуждение в диэлектрике, полупроводнике или металле^[1], мигрирующее по кристаллу и не связанное с переносом электрического заряда и массы. Понятие об экситоне и сам термин введены советским физиком Я. И. Френкелем в 1931 году, им же разработана теория экситонов^{[2][3][4]}, а экспериментально спектр экситона впервые наблюдался в 1951 году^[5] (или в 1952 году^[6]) советским физиком Е. Ф. Гроссом, результаты этого исследования опубликованы в 1952 году^[7]. Представляет собой связанное состояние электрона и дырки. При этом его следует считать самостоятельной элементарной (не сводимой) частицей в случаях, когда энергия взаимодействия электрона и дырки имеет тот же порядок, что и энергия их движения, а энергия взаимодействия между двумя экситонами мала по сравнению с энергией каждого из них. Экситон можно считать элементарной квазичастицей в тех явлениях, в которых он выступает как целое образование, не подвергающееся воздействиям, способным его разрушить.

Экситон может быть представлен в виде связанного состояния электрона проводимости и дырки, расположенных или в одном узле кристаллической решётки (экситон Френкеля, $a^* < a_0$, a^* — радиус экситона, a_0 — период решётки), или на расстояниях, значительно больше межуатомных (экситон Ванье — Мотта, $a^* \gg a_0$). В полупроводниках, за счёт высокой диэлектрической проницаемости, существуют только экситоны Ванье — Мотта. Экситоны Френкеля применимы, прежде всего, к молекулярным кристаллам^[8].

Экситон



Экситон в кристаллической решетке

Состав:	квазичастица
Классификация:	экситон Ванье — Мотта, экситон Френкеля
Семья:	бозон
Каналы распада:	разделение электрона и дырки; рекомбинация электрона и дырки

Содержание

- Полупроводниковые приборы на основе экситонных переходов
- Экситоника
- Примечания
- Литература
- См. также

Полупроводниковые приборы на основе экситонных переходов

В объёмных полупроводниках экситонные состояния проявляются только при глубоком охлаждении образцов, что препятствует их использованию. В тонкоплёночных полупроводниковых структурах, напротив, экситонные состояния хорошо выражены при комнатной температуре. Заданным образом изменяя размеры наноструктур, можно изменять энергию связи и другие параметры экситонов и, таким образом, осуществлять управление экситонами в низкоразмерных структурах и создавать приборы на основе физических процессов с участием экситонов^{[9][10]}.

Так, разработан прибор, совмещающий функции электрооптического переключателя и детектора излучения на экситонном переходе. Принцип его работы заключается в том, что спектр поглощения экситонов в тонких слоях арсенида галлия при поперечном электрическом поле сдвигается в красную область в силу эффекта Штарка в системе с квантовыми ограничениями. За счёт изменения поглощения внешнее напряжение может модулировать интенсивность проходящего через полупроводник света на частоте экситонного перехода.

Детектирование излучения происходит за счёт распада на электроны и дырки экситонов, образовавшихся при резонансном возбуждении за счёт излучения^[11].

Созданы и другие приборы, в которых роль среды, осуществляющей обработку информации, вместо электронного газа играет экситонный газ: оптические модуляторы, фазовращатели, переключатели, оптический транзистор^{[12][13]} и лазеры^[14].

Экситоника

Область науки и техники, которая изучает технические устройства на основе использования свойств экситонов, называют экситоникой.

Примечания

1. Физики впервые обнаружили экситоны в металле (<http://lenta.ru/news/2014/06/02/att/>)
2. Френкель I, 1931.
3. Френкель II, 1931.
4. *Френкель Я. И.* О поглощении света и прилипании электронов и положительных дырок в кристаллических диэлектриках // Журнал экспериментальной и теоретической физики. — 1936. — Т. 6. — С. 647.
5. *Алфёров Ж. И.* Двойные гетероструктуры: концепция и применения в физике, электронике и технологии (Нобелевская лекция. Стокгольм, 8 декабря 2000 г.) (<https://ufn.ru/ru/articles/2002/9/e/>) (рус.) // Успехи физических наук. — Российская академия наук, 2002. — Т. 172, № 9. — С. 1072.
6. Силин, 1999.
7. *Гросс Е. Ф., Каррыев Н. А.* Поглощение света кристаллом закиси меди в инфракрасной и видимой части спектра // Доклады Академии наук СССР. — 1952. — Т. 84. — С. 261.
Гросс Е. Ф., Каррыев Н. А. Оптический спектр экситона // Доклады Академии наук СССР. — 1952. — Т. 84. — С. 471.
8. *Киттель Ч.* Введение в физику твёрдого тела. — М.: Наука, 1978. — С. 639. — 791 с.
9. *Беляевский В. И.* Экситоны в низкоразмерных системах (<http://stat.phys.spbu.ru/Metod/Exit.pdf>) // Соросовский образовательный журнал. — 1997. — № 5. — С. 93—99.

10. *Днепровский В. С., Жуков Е. А., Муляров Е. А., Тиходеев С. Г.* Линейное и нелинейное поглощение экситонов в полупроводниковых квантовых нитях, кристаллизованных в диэлектрической матрице (http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/dn/r_114_0700.pdf) // *ЖЭТФ*. — 1998. — Т. 113, № 2(8). — С. 700—710. — ISSN 0044-4510 (<https://www.worldcat.org/search?fq=x0:jrnl&q=n2:0044-4510>) .
11. *Днепровский В. С.* Экситоны перестают быть экзотическими квазичастицами (http://www.per-eplet.ru/nauka/Soros/pdf/0008_088.pdf) // *Соросовский образовательный журнал*. — 2000. — Т. 6, № 8. — С. 88—92.
12. *Andreakou P. et. al.* Optically controlled excitonic transistor (англ.) // *Applied Physics Letters* : journal. — 2014. — Vol. 104, no. 9. — P. 091101. — doi:10.1063/1.4866855 (<https://dx.doi.org/10.1063%2F1.4866855>) .
13. *Kuznetsova Y. Y. et. al.* All-optical excitonic transistor (англ.) // *Optics Letters* : journal. — 2010. — Vol. 35, no. 10. — P. 1587—1589. — doi:10.1364/OL.35.001587 (<https://dx.doi.org/10.1364%2FOl.35.001587>) . — PMID 20479817.
14. *Лозовик Ю. Е.* Управление бозе-конденсатом экситонов и фононный лазер (<http://ufn.ru/ru/articles/2001/12/i/>) (рус.) // *Успехи физических наук*. — Российская академия наук, 2001. — Т. 171, № 12. — С. 1373—1376. — ISSN 0042-1294 (<https://www.worldcat.org/search?fq=x0:jrnl&q=n2:0042-1294>) . — doi:10.3367/UFNr.0171.200112i.1373 (<https://dx.doi.org/10.3367%2FUFNr.0171.200112i.1373>) .

Литература

- *Силин А. П.* Экситон (http://femto.com.ua/articles/part_2/4626.html) // *Физическая энциклопедия* : [в 5 т.] / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Большая российская энциклопедия, 1999. — Т. 5: Стробоскопические приборы — Яркость. — С. 501—504. — 692 с. — 20 000 экз. — ISBN 5-85270-101-7.
- *Брандт Н. Б., Кульбачинский В. А.* — Квазичастицы в физике конденсированного состояния. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005
- *Агранович В. М., Гинзбург В. Л.* Кристаллооптика с учётом пространственной дисперсии и теория экситонов, М., 1965
- *Нокс Р.* Теория экситонов, М., Мир, 1966
- *Воронов В. К., Подоплелов А. В.* Современная физика, М., КомКнига, 2005, ISBN 5-484-00058-0
- *J. Frenkel.* On the transformation of light into heat in solids. I (англ.) // *Physical Review* : journal. — 1931. — Vol. 37, no. 1. — P. 17—44.
- *J. Frenkel.* On the transformation of light into heat in solids. II (англ.) // *Physical Review* : journal. — 1931. — Vol. 37, no. 10. — P. 1276—1294.

См. также

- *Экситон Френкеля*
- *Экситон Ванье — Мотта*
- *Квантовый газ*
- *Двумерный электронный газ*

Источник — <https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=Экситон&oldid=104168453>

Эта страница в последний раз была отредактирована 26 декабря 2019 в 11:39.

Текст доступен по лицензии *Creative Commons Attribution-ShareAlike*; в отдельных случаях могут действовать дополнительные условия.

Wikipedia® — зарегистрированный товарный знак некоммерческой организации *Wikimedia Foundation, Inc.*