

О возможности однофотонной проводимости в наноячейке с коллоидной квантовой точкой

Н. Д. Жуков, М. В. Гавриков, А. Г. Роках

В квантоворазмерных частицах полупроводников CdSe, PbS, HgSe, InSb наблюдается высокая, с кратностью до двух порядков, фотопроводимость для межзонных переходов неравновесных носителей, обусловленная снятием или ослаблением блокировки кулоновским ограничением и одноэлектронным током. В условиях размерного квантования наблюдаемые резонансные токовые пики обнуляются или сдвигаются в сторону меньших энергий. Энергетический минимум регистрируемых при этом квантов равен примерно 100 мэВ. Полученные результаты могут иметь применение в неохлаждаемых ИК-детекторах, в том числе однофотонных.

Ключевые слова: коллоидная квантовая точка, квантоворазмерная частица, размерное квантование, одноэлектронный ток, однофотонный процесс, межзонные и внутризонные переходы, фотопроводимость, кулоновское ограничение.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-5-32-37

Жуков Николай Дмитриевич¹, доцент, в.н.с., к.ф.-м.н.
E-mail: ndzhukov@rambler.ru

Гавриков Максим Владимирович^{1,2}, инженер, аспирант.
E-mail: maks.gavrikov.96@gmail.com

Роках Александр Григорьевич², д.ф.-м.н., профессор.
E-mail: rokakhag@mail.ru

¹ ООО НПП ВОЛГА.

Россия, 410033, Саратовская область, г. Саратов,
просп. им. 50 лет Октября, 101, офис 31.

² Саратовский национальный исследовательский
государственный университет им. Н. Г. Чернышевского.
Россия, 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, 83.

Статья поступила в редакцию 31 мая 2022 г.

© Жуков Н. Д., Гавриков М. В., Роках А. Г., 2022

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ
20-07-00603.

Авторы заявляют, что у них нет кон-
фликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паневин В. Ю., Софронов А. Н., Воробьев Л. Е. // Физика и техника полупроводников. 2013. Т. 47. № 12. С. 1599.
2. Finkman E., Maimon S., Immer V. et al. // Physica E. 2000. Vol. 7. P. 139.
3. Iacovo A., Venettacci C., Colace L., Scopa L.,

Foglia S. // Scientific Reports. 2016. Vol. 6. P. 37913.

4. Gorodetsky A., Leite I. T., Rafailov E. U. et al. // Appl. Phys. Lett. 2021. Vol. 119. P. 111102.

5. Senellart P., Solomon G., White A. // Nature Nanotechnology. 2017. Vol. 12. P. 1026.

6. Sanguinetti B., Amri E., Richou F. // Photonics. 2017. Vol. 63. № 3. P. 56.

7. Zhukov N. D., Gavrikov M. V., Kryl'skii D. V. // Technical Physics Letters. 2020. Vol. 46. № 9. P. 881.

8. Жуков Н. Д., Гавриков М. В. // Письма в ЖТФ. 2022. Т. 48. № 8. С. 18.

9. Cui J., Panfil Y. E., Koley S. et al. // Cite This: Acc. Chem. Res. 2021. Vol. 54. P. 1178.

DOI: 10.1021/acs.accounts.0c00691).

10. Zhukov N. D., Yagudin I. T., Abanshin N. P., Mosiyash D. S. // Technical Physics Letters. 2020. Vol. 46. № 11. P. 1088.

11. Гавриков М. В., Глуховской Е. Г., Жуков Н. Д., Ягудин И. Т. / Заявка на изобретение РФ 2021123783. <https://new.fips.ru/registers-doc-iew/fips>

12. Жуков Н. Д., Смирнова Т. Д., Хазанов А. А., Цветкова О. Ю., Штыков С. Н. // Физика и техника полупроводников. 2021. Т. 55. № 12. С. 1203.

13. Жуков Н. Д., Цветкова О. Ю., Гавриков М. В., Роках А. Г., Смирнова Т. Д., Штыков С. Н. // Физика и техника полупроводников. 2022. Т. 56. № 4. С. 401.

14. Жуков Н. Д., Гавриков М. В., Штыков С. Н. // Физика и техника полупроводников. 2022. Т. 56. № 6. С. 552.

15. Gorbachev I. A., Shtykov S. N., Brezesinski G., Glukhovskoy E. G. // Bionanoscience. 2017. Vol. 7. P. 686.

16. Жуков Н. Д., Гавриков М. В. // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. № 8 (110). С. 19.
17. интернет-ресурс: <http://xumuk.ru/encyklopedia>
18. Акимов А. Н., Климов А. Э., Морозов С. В., Супрун С. П., Эпов В. С., Иконников А. В., Фадеев М. А., Румянцев В. В. // Физика и техника полупроводников. 2016. Т. 50. № 12. С. 1713.
19. Воробьев Л. Е., Паневин В. Ю., Федосов Н. К., Фирсов Д. А., Шалыгин В. А., Нанна С., Seilmeier A., Moumanis Kh., Julien F., Жуков А. Е., Устинов В. М. // Физика твердого тела. 2004. Т. 46. № 1. С. 119.

PACS: 07.57.-c

On the possibility of single-photon conduction in a nanocell with a colloidal quantum dot

N. D. Zhukov¹, M. V. Gavrikov^{1,2}, and A. G. Rokakh²

¹ NPP Volga Limited Liability Company
101 Prospekt im. 50 let Oktyabrya, office 31, Saratov, 410033, Russia

² Saratov State University
83 Astrakhanskaya st., Saratov, 410012, Russia

Received May 31, 2022

In quantum-sized particles of semiconductors CdSe, PbS, HgSe, InSb, a high, up to two orders of magnitude, photoconductivity for interband transitions of nonequilibrium carriers is observed, due to the removal or weakening of the blocking by the Coulomb limitation and the single-electron current. Under the size quantization conditions, the observed resonant current peaks are nullified or shifted towards lower energies. The energy minimum of the quanta recorded in this case is approximately 100 meV. The results obtained can be used in uncooled IR detectors, including single-photon ones.

Keywords: colloidal quantum dot, quantum size particle, size quantization, one-electron current, one-photon process, interband and intraband transitions, photoconductivity, Coulomb limitation.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-5-32-37

REFERENCES

1. V. Yu. Panevin, A. N. Sofronov, and L. E. Vorobyov, *Physics and Technology of Semiconductors* **47** (12), 1599 (2013).
2. E. Finkman, S. Maimon, V. Immer et al., *Physica E* **7**, 139 (2000).
3. A. Iacovo, C. Venettacci, L. Colace, L. Scopa, and S. Foglia, *Scientific Reports* **6**, 37913 (2016).
4. A. Gorodetsky, I. T. Leite, E. U. Rafailov et al., *Appl. Phys. Lett.* **119**, 111102 (2021).
5. P. Senellart, G. Solomon, and A. White, *Nature Nanotechnology* **12**, 1026 (2017).
6. B. Sanguinetti, E. Amri, and F. Richou, *Photonics* **63** (3), 56 (2017).
7. N. D. Zhukov, M. V. Gavrikov, and D. V. Kryl'skii, *Technical Physics Letters* **46** (9), 881 (2020).
8. N. D. Zhukov and M. V. Gavrikov, *Technical Physics Letters* **48** (8), 18 (2022).
9. J. Cui, Y. E. Panfil, S. Koley et al., *Acc. Chem. Res.* **54**, 1178 (2021).
10. N. D. Zhukov, I. T. Yagudin, N. P. Abanshin, and D. S. Mosiyash. *Technical Physics Letters* **46** (11), 1088 (2020).
11. M. V. Gavrikov, E. G. Glukhovskoy, N. D. Zhukov, and I. T. Yagudin. Application for invention 2021123783. <https://new.fips.ru/registers-doc-iew/fips>
12. N. D. Zhukov, T. D. Smirnova, A. A. Khazanov, O. Yu. Tsvetkova, and S. N. Shtykov, *Semiconductors* **55** (12), 1203 (2021).
13. N. D. Zhukov, O. Yu. Tsvetkova, M. V. Gavrikov, A. G. Rokach, T. D. Smirnova, and S. N. Shtykov, *Semiconductors* **56** (4), 401 (2022).
14. N. D. Zhukov, M. V. Gavrikov, and S. N. Shtykov, *Semiconductors* **56** (4), 269 (2022).

15. I. A. Gorbachev, S. N. Shtykov, G. Brezesinski, and E. G. Glukhovskoy, *Bionanoscience* **7**, 686 (2017).
16. N. D. Zhukov and M. V. Gavrikov, *International Research Journal*, No. 8 (110), 19 (2021).
17. <http://xumuk.ru/encyklopedia>
18. A. N. Akimov, A. E. Klimov, S. V. Morozov, S. P. Suprun, V. S. Epov, A. V. Ikonnikov, M. A. Fadeev, and V. V. Rumyantsev, *Semiconductors* **50** (12), 1713 (2016).
19. L. E. Vorobyov, V. Yu. Panevin, N. K. Fedosov, D. A. Firsov, V. A. Shalygin, S. Hanna, A. Seilmeier, Kh. Moumanis, F. Julien, A. E. Zhukov, and V. M. Ustinov, *Solid State Physics* **46** (1), 119 (2004).