Зависимость продольно-поперечного расщепления экситона в квантовой яме от внешнего однородного электрического поля

Логинов Д.К.

Санкт-Петербургский государственный университет, 198504, Санкт-Петербург, Старый Петергоф, ул. Ульяновская, 3

DOI 10.34077/Semicond2019-169

Настоящая работа посвящена точному численному решению задачи об экситоне в сильном однородном электрическом поле в квантовой яме (КЯ). Трудность анализа экситонных состояний во внешнем электрическом поле состоит в том, что точное аналитическое решение уравнения Шредингера для такой задачи в общем виде не известно. В слабом поле для расчета экситонных состояний используют теорию возмущений [1,2]. Если поле нельзя считать слабым, то применение этого подхода становится некорректным. Для больших полей задача на собственные значения и собственные функции экситонного гамильтониана решается в рамках квазиклассического приближения [1,2]. Однако, это приближение корректно описывает только состояния с большим главным квантовым числом $n \gg 1$ [2]. Этот подход некорректен для описания основного экситонного состояния ($n=1$), которое зачастую вносит наибольший вклад в оптические спектры, наблюдаемые в эксперименте.

В нашей работе была решена задача на собственные значения и собственные функции для основного состояния экситона в электрическом однородном поле в КЯ на основе GaAs/AlGaAs гетероструктуры, выращенной вдоль направления [001]. Ширина КЯ полагается равной 120 nm. Электрическое поле, F , было направлено нормально к плоскости КЯ, строго вдоль [001]. Мы переписали гамильтониан в параболических координатах и разделили его на два одномерных дифференциальных уравнения, в соответствие со стандартной процедурой [1,2]. Полученные уравнения были представлены в виде разностных схем и решались трехдиагональным методом [4]. Были определены собственные волновые функции экситона и его энергия связи при различных F . Это позволило вычислить зависимость от поля продольно-поперечного расщепления экситона $\hbar\omega_{LT}$, описывающего интенсивность взаимодействия экситона со светом [3]. Результаты вычислений представлены на рисунке. Как можно видеть, $\hbar\omega_{LT}$ быстро спадает с ростом поля и выходит на почти постоянное значение при $F > 3$ kV/cm. Таким образом, спектральные особенности, обусловленные основным состоянием экситона ($n=1$), в КЯ, будут терять интенсивность с ростом поля.

Рис.1. — Зависимость продольно-поперечного расщепления экситона от внешнего однородного электрического поля в КЯ на основе GaAs/AlGaAs шириной 120 nm.

- [1] D. F. Blossey, *Rev. B* 2, 3976 (1970).
- [2] М. Д. Ландау, М. Е. Лифшиц, *Теоретическая физика. т. III. Квантовая механика. Нерелятивистская теория.* Наука. Москва. (1989).
- [3] E. L. Ivchenko, *Optical Spectroscopy of Semiconductor Nanotstructures*, Alpha Science, Harrow, (2005).
- [4] A.A. Samarskii, *The Theory of Difference Schemes, Pure and Applied Mathematics. A Series of Monographs and Textbooks*, CRC Press, (2001).