

УДК 538.915

А.В. ВОЙЦЕХОВСКИЙ*, Д.И. ГОРН*, И.И. ИЖНИН**, А.И. ИЖНИН**

ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ СТРУКТУР КРТ С ПОТЕНЦИАЛЬНЫМИ ЯМАМИ¹

В докладе представлены результаты экспериментального исследования инфракрасной (ИК) фотолюминесценции (ФЛ) структур с потенциальными ямами на основе соединений $Cd_xHg_{1-x}Te$ (КРТ), а также их теоретический анализ

Ключевые слова: Фотолюминесценция, $HgCdTe$, КРТ, потенциальная яма, молекулярно-лучевая эпитаксия

Твёрдые растворы $Cd_xHg_{1-x}Te$ уже более 50 лет рассматриваются как перспективный материал инфракрасной оптоэлектроники [1, 2]. Изменение состава твёрдого раствора позволяет варьировать рабочую длину волны оптоэлектронного прибора, изготовленного на основе КРТ, от 0,7 мкм ($x = 1$) до 18 мкм ($x = 0,19$) при температуре 77 К, что позволяет перекрыть всю практически значимую область ИК-спектра. Тем не менее, сдерживание развития технологий фотоприёмных устройств на основе КРТ объясняется, во-первых, тем, что фундаментальные преимущества данного материала не реализованы в полной мере из-за высокой сложности его получения методом молекулярно-лучевой эпитаксии (МЛЭ) и, во-вторых, за счёт того, что работа в среднем и дальнем ИК-диапазонах требует особых условий эксплуатации, в частности, низких рабочих температур. Эти факторы сильно ограничивают широкое применение приборов на основе КРТ, в связи с чём исследования, посвящённые поиску направлений технологических путей снятия существующих ограничений, крайне важны.

Ранее нами рассматривались вопросы получения лазерной генерации [3] и фотолюминесценции в структурах КРТ с одиночными и множественными квантовыми ямами [4]. Однако, очевидно, что потенциал эпитаксиального однородного КРТ, в том числе и структур с потенциальными ямами не исчерпан к настоящему времени.

Рассмотрим спектры фотолюминесценции структуры на основе однородного КРТ с составом $x = 0,3$ мол. дол. электронного типа проводимости, выращенной на подложке GaAs.

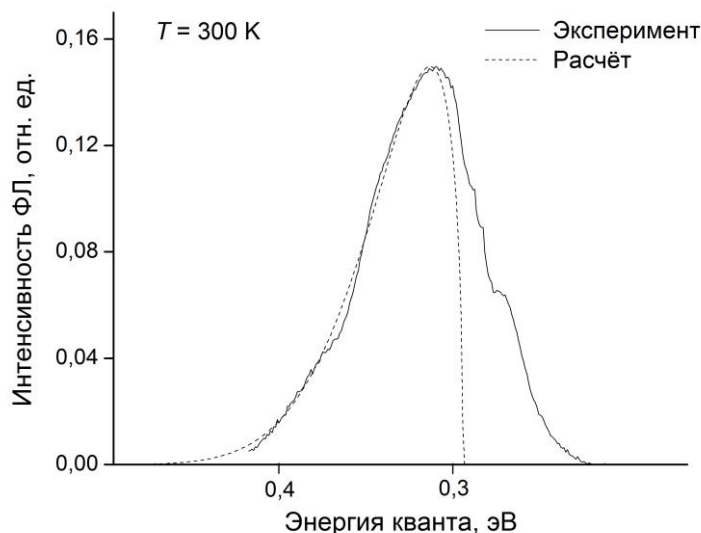


Рис. 1. Спектры фотолюминесценции структуры КРТ с $x = 0,3$ мол. дол., выращенной на подложке GaAs, при комнатной температуре

На рисунке 1 представлены спектры фотолюминесценции рассматриваемой структуры при комнатной температуре. Данные наблюдения являются подтверждением перспективности приме-

¹ Данное научное исследование (проект № 8.2.10.2015) выполнено при поддержке Программы «Научный фонд им. Д.И. Менделеева Томского государственного университета» в 2015 г.

нения материала КРТ, в том числе структур КРТ с потенциальными ямами, в качестве источников излучения среднего ИК-диапазона. В спектре фотолюминесценции при комнатной температуре проявляются примесные уровни на длинноволновом плече линии излучения.

На рисунке помимо экспериментального спектра приведена также теоретическая зависимость интенсивности фотолюминесценции от длины волны, рассчитанная с применением методики, описанной нами ранее, в частности в [5]. Данная модель не учитывает наличие примеси в структуре. В КРТ электронного типа проводимости донорная примесь при большой концентрации может проявиться в виде расширения спектральной линии излучения в длинноволновую область. Этот эффект можно наблюдать на рисунке 1.

Рассмотрим спектры фотолюминесценции в структурах КРТ с потенциальными ямами. На рисунках 2 и 3 изображены теоретические и экспериментальные спектры фотолюминесценции при температурах 84 К и 300 К для двойной гетероструктуры с потенциальной ямой толщиной порядка 200 нм с составом 0,45 мол. дол. и составами широкозонных слоёв 0,64 и 0,62 мол. дол.

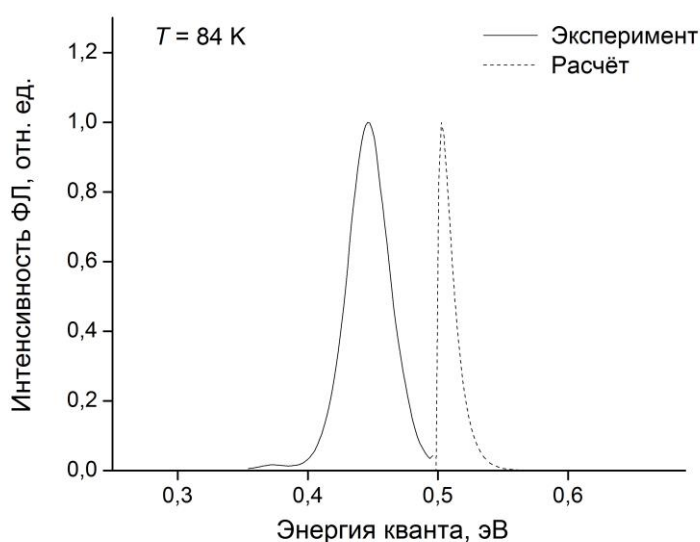


Рис. 2. Спектры фотолюминесценции структуры КРТ с потенциальной ямой толщиной 200 нм с составом $x = 0,45$ мол. дол. при температуре 84 К

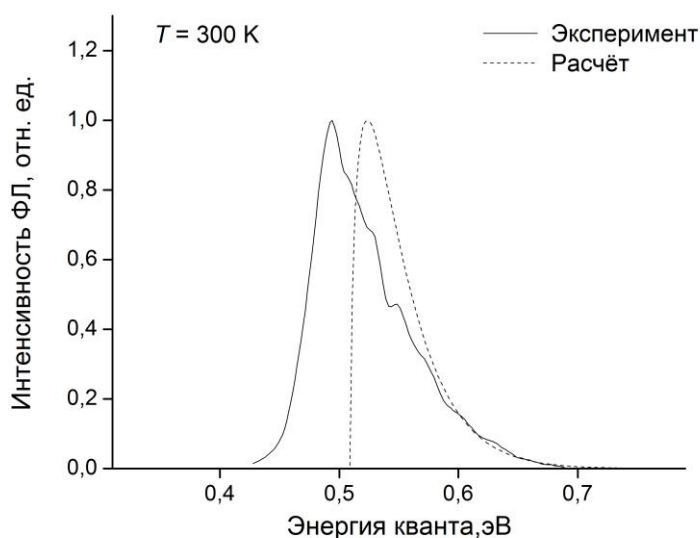


Рис. 3. Спектры фотолюминесценции структуры КРТ с потенциальной ямой толщиной 200 нм с составом $x = 0,45$ мол. дол. при температуре 300 К

В данном случае экспериментальное значение положения пика излучения говорит о том, что процесс люминесценции происходит в узкозонном слое. Положение пика люминесценции соответствует ширине запрещённой зоны узкозонного слоя (0,509 эВ при $T = 300$ К и 0,499 эВ при $T = 84$ К). Незначительное различие в положениях пиков экспериментальных и теоретических спектров фотолюминесценции, вероятно, связано с влиянием уровней примеси.

Таким образом, в данной работе приведено описание результатов экспериментального исследования структур КРТ с потенциальными ямами и структур на основе однородного КРТ, а также проведён теоретический анализ исследованных структур. На основании анализа спектров фотолюминесценции при комнатной температуре можно сделать вывод о том, что структуры на основе однородного КРТ, как и структуры КРТ с потенциальными ямами, выращенные методом МЛЭ, являются перспективными объектами для изготовления источников излучения среднего ИК-диапазона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Voitsekhovskii A.V., Lilenko Y.V. // *Physica Status Solidi (a)*. – Vol. 67, issue 2. – P. 381-386.
2. Voitsekhovskii A.V., Lilenko Y.V. // *Soviet Physics Semiconductors-USSR*. – Vol. 15, issue 8. – P. 845-847.
3. Voitsekhovskii, A.V., Gorn D.I. // *Applied Physics*. – 2014. – Issue 5. – P. 5-10.
4. Voitsekhovskii, A.V., Gorn D.I. // *Russian Physics Journal*. – 2015. – Vol. 57, no. 10. – P. 1412-1422.
5. Gorn D.I., Voitsekhovskii A.V., Dzyadukh S.M., Nesmelov S.N. // *Int. J. Nanotechnol.* – 2015. – Vol. 12, no. 3/4. – P. 164-173.

*Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия

**Научно-производственное предприятие «Карат», г. Львов, Украина

E-mail: vav43@mail.tsu.ru

Войцеховский Александр Васильевич, д.ф.-м.н., профессор;
 Горн Дмитрий Игоревич, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник;
 Ижнин Игорь Иванович, д.ф.-м.н., профессор;
 Ижнин Александр Иванович, к.ф.-м.н., старший научный сотрудник

A.V. VOITSEKHOVSKII, D.I. GORN, I.I. IZHININ, A.I. IZHININ

PHOTOLUMINESCENCE SPECTRA OF CdHgTe STRUCTURES WITH POTENTIAL WELLS

The paper presents the results of experimental study of infrared (IR) photoluminescence (PL) for structures with potential wells based on compounds $Cd_xHg_{1-x}Te$ (MCT), as well as their theoretical analysis.

Keywords: Photoluminescence, HgCdTe, potential well, molecular-beam epitaxy.

REFERENCES

1. Voitsekhovskii A.V., Lilenko Y.V. // *Physica Status Solidi (a)*. – Vol. 67, issue 2. – P. 381-386.
2. Voitsekhovskii A.V., Lilenko Y.V. // *Soviet Physics Semiconductors-USSR*. – Vol. 15, issue 8. – P. 845-847.
3. Voitsekhovskii, A.V., Gorn D.I. // *Applied Physics*. – 2014. – Issue 5. – P. 5-10.
4. Voitsekhovskii, A.V., Gorn D.I. // *Russian Physics Journal*. – 2015. – Vol. 57, no. 10. – P. 1412-1422.
5. Gorn D.I., Voitsekhovskii A.V., Dzyadukh S.M., Nesmelov S.N. // *Int. J. Nanotechnol.* – 2015. – Vol. 12, no. 3/4. – P. 164-173.

*National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

**NPP «Karat», Lviv, Ukraine

E-mail: vav43@mail.tsu.ru

Alexander V. Voitsekhovskii, Prof., Dr. Sc.;
 Dmitry I. Gorn, Senior Researcher, PhD;
 Igor I. Izhnin, Prof., Dr. Sc.;
 Alexander I. Izhnin, Senior Researcher, PhD