

УДК 621.383.4/5

PACS: 42.79.Pw, 85.60.Gz,
07.57.Kp, 85.60.Dw**Задачи импортозамещения и создание современных фотоприемных модулей***К. О. Болтарь, И. Д. Бурлаков, Н. И. Яковлева, П. В. Власов, П. С. Лазарев*

В последние годы наблюдается быстрое совершенствование изделий фотоники, обусловленное использованием многослойных гетероструктур, выращенных на основе перспективных материалов; конструированием структуры фоточувствительного элемента (ФЧЭ) для достижения минимального темнового тока, что в свою очередь приводит к смене поколений матричных фотоприемных модулей (ФПМ). В работе рассматриваются ФПМ, детектирующие излучение в различных спектральных диапазонах ИК-области спектра: на основе эпитаксиальных структур InSb в диапазоне 3–5 мкм; на основе квантово-размерных QWIP-структур из GaAs/AlGaAs в диапазоне 7,8–9,3 мкм; на основе ХВп-структур из InGaAs в диапазоне 0,9–1,7 мкм. Показаны наиболее близкие зарубежные аналоги и определены пути дальнейшего развития.

Ключевые слова: InSb, ХВп-структура, QWIP, фотоприемный модуль (ФПМ), обнаружительная способность.

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-2-170-182

Болтарь Константин Олегович^{1,2}, нач. НТК, профессор, д.ф.-м.н.

Бурлаков Игорь Дмитриевич^{1,3}, зам. ген. директора по инновациям и науке, профессор, д.т.н.

Яковлева Наталья Ивановна¹, гл.н.с., д.т.н.

Власов Павел Валентинович¹, вед. инженер.

Лазарев Павел Сергеевич^{1,2}, гл. специалист.

¹АО «НПО «Орион».

Россия, 111538, Москва, ул. Косинская, 9.

E-mail: orion@orion-ir.ru

²Московский физико-технический институт

(национальный исследовательский университет).

Россия, 141701, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер., 9.

³МИРЭА – Российский технологический университет.

Россия, 119454, Москва, пр-т Вернадского, 78.

Статья поступила в редакцию 14 марта 2022 г.

© Болтарь К. О., Бурлаков И. Д., Яковлева Н. И., Власов П. В., Лазарев П. С., 2022

ЛИТЕРАТУРА

1. Rogalski A. // Progress in Quantum Electronics. 2012. № 36. P. 342.
2. Болтарь К. О., Яковлева Н. И., Лопухин А. А., Власов П. В. // Прикладная физика. 2021. № 6. С. 30.
3. Болтарь К. О., Бурлаков И. Д., Яковлева Н. И., Полесский В. В., Кузнецов П. А., Лазарев П. С., Рудневский В. С., Седнев М. В. // Успехи прикладной физики. 2021. Т. 9. № 6. С. 479.
4. Болтарь К. О., Лопухин А. А., Власов П. В., Яковлева Н. И. // Успехи прикладной физики. 2021. Т. 9. № 6. С. 513.
5. Péré-Laperne Nicolas, Berthoz Jocelyn, Taalat Rachid, Rubaldo Laurent, Kerlain Alexandre, Carrère Emmanuel. // Proc. of SPIE. 2016. Vol. 9819. P. 981920.
6. Reibelo Y., Rouvie A., Nedelcu A., Augey T., Péré-Laperne N., Rubaldo L., Billon-Lanfrey D. // Proc. of SPIE. 2013. Vol. 8896. P. 88960B.
7. Lutz H., Breiter R., Eich D., Figgemeier H., Oelmaier R., Rutzinger S., Schenk H., Wendler J. // Proc. of SPIE. 2017. Vol. 10177. P. 101771A.
8. Gershon G., Avnon E., Brumer M., Freiman W., Karni Y., Niderman T., Ofer O., Rosenstock T., Seref D., Shiloah N., Shkedy L., Tessler R., Shtrichman I. // Proc. of SPIE. 2017. Vol. 10177. P. 101771I.
9. Klipstein Philip, Klin Olga, Grossman Steve, Snapi Noam, Lukomsky Inna, Brumer Maya, Yassen Michael, Aronov Daniel, Berkowicz Eyal, Glozman Alex, Fishman

Tal, Magen Osnat, Shtrichman Itay, Weiss Eliezer. // Proc. of SPIE. 2011. Vol. 8012. P. 80122R.

10. Razezghi M. // Eur. Phys. J. AP. 2003. № 23. P. 149.

11. Rouvié A., Huet O., Hamard S., Truffer J. P., Pozzi M., Decobert J., Costard E., Zécari M., Maillart P., Reibel Y., Pécheur A. // Proc. of SPIE. 2013. Vol. 8704. P. 870403.

12. Klipstein P. C. // Proc. SPIE. 2008. Vol. 6940. P. 6940-2U.

13. Arslan Y., Colakoglu T., Torunoglu G., Aktas O., Besikci C. // Infrared Physics & Technology. 2013. Vol. 59. P. 108.

14. Klipstein P. C., Livneh Y., Glozman A., Grossman S., Klin O., Snapi N., Weiss E. // Journal of Electronic Materials. 2014. Vol. 43. P. 2984.

15. Rubaldo Laurent, Taalat Rachid, Berthoz Jocelyn, Maillard Magalie, Péré-Laperne Nicolas, Brunner Alexandre, Guinedor Pierre, Dargent L., Manissadjian A., Reibel Y., Kerlain A. // Proc. of SPIE. 2017. Vol. 10177. P. 101771E.

16. Cocle Olivier, Rannou Christophe, Forestier Bertrand, Jouglu Paul, Bois Philippe F., Costard Eric M., Manissadjian A., Gohier D. // SPIE Defense & Security. 2007. Vol. 6542. P. 127.

17. Бакаров А. К., Гутаковский А. К., Журавлев, К. С.,

Ковчавцев А. П., Торопов А. И., Бурлаков И. Д., Болтарь К. О., Власов П. В., Лопухин А. А. // Журнал технической физики. 2017. Т. 87. Вып. 6. С. 900.

18. Бурлаков И. Д., Болтарь К. О., Власов П. В., Лопухин А. А., Торопов А. И., Журавлев К. С., Фадеев В. В. // Прикладная физика. 2016. № 3. С. 58.

19. Cocle O., Gauthier F-H., Quilghini G., Bois P. F., Costard E. M. // Proc. SPIE. 2003. Vol. 5074. P. 715.

20. Болтарь К. О., Бурлаков И. Д., Власов П. В., Лопухин А. А., Чальый В. П., Кацавец Н. И. // Прикладная физика. 2016. № 6. С. 37.

21. Rouvié A., Coussement J., Huet O., Truffer J. P., Pozzi M., Oubensaid E. H., Hamard S., Chaffraix V., Costard E. // Proc. of SPIE. 2015. Vol. 9451. P. 945105.

22. Coussement J., Rouvié A., Oubensaid E.H., Huet O., Hamard S., Truffer J. P., Pozzi M., Maillart P., Reibel Y., Costard E., Billon-Lanfrey D. // Proc. of SPIE. 2014. Vol. 9070. P. 907005.

23. Maimon S., Wicks G. W. // Applied Physics Letters. 2006. Vol. 89. P. 151109.

24. Anderson R. I. // Solid State Elec. 1962. Vol. 5. P. 341.

25. Яковлева Н. И., Болтарь К. О., Седнев М. В., Никонов А. В. // Успехи прикладной физики. 2016. Т. 4. № 5. С. 465.

PACS: 42.79.Pw, 85.60.Gz, 07.57.Kp, 85.60.Dw

Import replacement and creation of modern photodetector modules

K. O. Boltar^{1,2}, I. D. Burlakov^{1,3}, N. I. Iakovleva¹, P. V. Vlasov¹, and P. S. Lazarev^{1,2}

¹ Orion R&P Association, JSC

9 Kosinskaya st., Moscow, 111538, Russia

E-mail: orion@orion-ir.ru

² Moscow Institute of Physics and Technology

9 Institskiy per., Dolgoprudny, Moscow Region, 141701, Russia

³ MIREA – Russian Technological University

78 Vernadsky Ave., Moscow, 119454, Russia

Received March 14, 2022

In recent years, rapid improvement of photonics products has been observed due to the use of multilayer heterostructures grown on the basis of perspective materials; the photosensitive element construction to achieve a minimum dark current, which in turn leads to a change of FPA generation. Several different types of photodetector modules, such as: based on InSb epitaxial structures for the range of 3–5 μm; based on GaAs/AlGaAs QWIP-structures for the range of 7.8–9.0 μm; based on InGaAs XBn-structures for the range of 0.9–1.7 μm, have been developed and investigated. The foreign analogues are shown, and the advantages given by the new capabilities offered by new detector technologies are considered.

Keywords: InSb, XBn-structure, QWIP-structure, photodetector module, detectivity D*.

DOI: 10.51368/2307-4469-2022-10-2-170-182

REFERENCES

1. A. Rogalski, Progress in Quantum Electronics, No. 36, 342 (2012).
2. K. O. Boltar, N. I. Iakovleva, A. A. Lopukhin, and P. V. Vlasov, Applied Physics, No. 6, 30 (2021) [in Russian].
3. K. O. Boltar, I. D. Burlakov, N. I. Iakovleva, A. V. Polessky, P. A. Kuznetsov, P. S. Lazarev, V. S. Rudnevsky, and M. V. Sednev, Usp. Prikl. Fiz. **9** (6), 479 (2021).
4. K. O. Boltar, A. A. Lopukhin, P. V. Vlasov, and N. I. Iakovleva, Usp. Prikl. Fiz. **9** (6), 513 (2021).
5. Nicolas Péré-Laperne, Jocelyn Berthoz, Rachid Taalat, Laurent Rubaldo, Alexandre Kerlain, Emmanuel Carrère, and Loïc Dargent, Proc. of SPIE **9819**, 981920 (2016).
6. Y. Reibelo, A. Rouvie, A. Nedelcu, T. Augey, N. Pere-Laperne, L. Rubaldo, and D. Billon-Lanfrey, Proc. of SPIE **8896**, 88960B (2013).
7. H. Lutz, R. Breiter, D. Eich, H. Figgemeier, R. Oelmaier, S. Rutzinger, H. Schenk, and J. Wendler, Proc. of SPIE **10177**, 101771A (2017).
8. G. Gershon, E. Avnon, M. Brumer, W. Freiman, Y. Karni, T. Niderman, O. Ofer, T. Rosenstock, D. Seref, N. Shiloah, L. Shkedy, R. Tessler, and I. Shtrichman, Proc. of SPIE **10177**, 101771I (2017).
9. Philip Klipstein, Olga Klin, Steve Grossman, Noam Snapi, Inna Lukomsky, Maya Brumer, Michael Yassen, Daniel Aronov, Eyal Berkowicz, Alex Glozman, Tal Fishman, Osnat Magen, Itay Shtrichman, and Eliezer Weiss, Proc. of SPIE **8012**, 80122R (2011).
10. M. Razeghi, Eur. Phys. J. AP, No. 23, 149 (2003).
11. A. Rouvié, O. Huet, S. Hamard, J. P. Truffer, M. Pozzi, J. Decobert, E. Costard, M. Zécéri, P. Maillart, Y. Reibel, and A. Pécheur, Proc. of SPIE **8704**, 870403 (2013).
12. P. C. Klipstein, Proc. SPIE **6940**, 6940-2U (2008).
13. Y. Arslan, T. Colakoglu, G. Torunoglu, O. Aktas, and C. Besikci, Infrared Physics & Technology **59**, 108 (2013).
14. P. C. Klipstein, Y. Livneh, A. Glozman, S. Grossman, O. Klin, N. Snapi, and E. Weiss, Journal of Electronic Materials **43**, 2984 (2014).
15. Laurent Rubaldo, Rachid Taalat, Jocelyn Berthoz, Magalie Maillard, Nicolas Péré-Laperne, Alexandre Brunner, Pierre Guinedor, L. Dargent, A. Manissadjian, Y. Reibel, and A. Kerlain, Proc. of SPIE **10177**, 101771E (2017).
16. Olivier Cocle, Christophe Rannou, Bertrand Forestier, Paul Jougla, Philippe F. Bois, Eric M. Costard, A. Manissadjian, and D. Gohier, SPIE Defense & Security **6542**, 127 (2007).
17. A. K. Bakarov, A. K. Gutakovsky, K. S. Zhuravlev, A. P. Kovchavtsev, A. I. Toropov, I. D. Burlakov, K. O. Boltar, P. V. Vlasov, and A. A. Lopukhin, Tech. Phys. **87** (6), 900 (2017).
18. I. D. Burlakov, K. O. Boltar, P. V. Vlasov, A. A. Lopukhin, A. I. Toropov, K. S. Juravlev, and V. V. Fadeev, Applied Physics, No. 3, 58 (2016) [in Russian].
19. O. Cocle, F-H. Gauthier, G. Quilghini, P. F. Bois, and E. M. Costard, Proc. SPIE **5074**, 715 (2003).
20. K. O. Boltar, I. D. Burlakov, P. V. Vlasov, A. A. Lopukhin, V. P. Chaliy, and N. I. Katsavec, Applied Physics, No. 6, 37 (2016) [in Russian].
21. A. Rouvié, J. Coussement, O. Huet, J. P. Truffer, M. Pozzi, E. H. Oubensaid, S. Hamard, V. Chaffraix, and E. Costard, Proc. of SPIE **9451**, 945105 (2015).
22. J. Coussement, A. Rouvié, E. H. Oubensaid, O. Huet, S. Hamard, J. P. Truffer, M. Pozzi, P. Maillart, Y. Reibel, E. Costard, and D. Billon-Lanfrey, Proc. of SPIE **9070**, 907005 (2014).
23. S. Maimon and G. W. Wicks, Applied Physics Letters **86**, 151109 (2006).
24. R. I. Anderson, Solid State Elec. **5**, 341 (1962).
25. N. I. Iakovleva, K. O. Boltar, M. V. Sednev, and A. V. Nikonov, Usp. Prikl. Fiz. **4** (5), 465 (2016).