

УДК 537.31; 621.382.2

PACS: 84.30.Jc; 84.37.+q; 85.30.De

Высоковольтный карбидокремниевый диод Шоттки для применения в области низких температур

С. Б. Рыбалка, А. А. Демидов, Е. А. Кульченков

Экспериментально и теоретически исследованы вольт-амперные характеристики высоковольтного российского карбидокремниевого диода Шоттки 5ДШ410А1 в диапазоне температур от 298 К до температуры жидкого азота. Установлено, что при снижении температуры от 298 К до 78 К значение прямого тока возрастает примерно в два раза (до 211 А), а обратное напряжение достигает ~1450 В. Теоретически описаны прямые и обратные вольт-амперные характеристики при температуре 78 К. Продемонстрирована возможность стабильной работы диода Шоттки 5ДШ410А1 при низких температурах.

Ключевые слова: карбид кремния, диод Шоттки, ВАХ диода, низкие температуры.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-3-49-55

Рыбалка Сергей Борисович, доцент, к.ф.-м.н.

E-mail: sbrybalka@yandex.ru

Демидов Андрей Александрович, зав. кафедрой, профессор, д.ф.-м.н.

Кульченков Евгений Александрович, ст. преподаватель. Брянский государственный технический университет. Россия, 241035, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7.

Статья поступила в редакцию 24 мая 2022 г.

© Рыбалка С. Б., Демидов А. А., Кульченков Е. А., 2022

ЛИТЕРАТУРА

1. Gutierrez-D E. A., Jamal Deen M., Claeys C. Low Temperature Electronics: Physics, Devices, Circuits, and Applications. – San Diego: Academic Press, 2001.
2. Singh R., Baliga B. J. Cryogenic Operation of Silicon Power Devices. – New York: Springer US, 1998.
3. Алфеев В. Н. Радиотехника низких температур. – М.: Советское радио, 1966.
4. Balestra F., Ghibaudo G. Device and Circuit Cryogenic Operation for Low Temperature Electronics. – Boston: Springer US, 2001.
5. Baliga B. J. Fundamentals of Power Semiconductor Devices. – Cham: Springer International Publishing AG, 2019.
6. Белоус А. И., Ефименко С. А., Турцевич А. С. Полупроводниковая силовая электроника. – М.: Техно-сфера, 2013.
7. Демидов А. А., Рыбалка С. Б. // Прикладная математика & физика. 2021. Т. 53. № 1. С. 53.
8. Гудилин Д. // Электроника НТБ. 2014. № 8. С. 92.
9. Зотин В. Ф., Дракин А. Ю., Рыбалка С. Б., Демидов А. А., Кульченков Е. А. // Прикладная физика. 2021. № 6. С. 67.
10. Rybalka S. B., Kulchenkov E. A., Demidov A. A., Zhemoedov N. A., Drakin A. Yu., Zotin V. F., Shishkina O. A. // J. Phys.: Conf. Ser. 2020. Vol. 1679. P. 022045.
11. Sedykh S. V., Rybalka S. B., Drakin A. Yu., Demidov A. A., Kulchenkov E. A. // J. Phys.: Conf. Ser. 2019. Vol. 1410. P. 012195.
12. 5ДШ410А1 [Электронный ресурс]. URL: http://group-kremny.ru/catalog/diskretnye-poluprovodniki/diody-i-diodnye-sborki/_5dsh410a1/
13. Cree C4D20120D Silicon Carbide Schottky Diode - Zero Recovery Rectifier, C4D20120D Rev. F, 09-2016 [electronic resource]. URL: <https://assets.wolfspeed.com/uploads/2020/12/C4D20120D.pdf>
14. Rhoderick E. H. Metal-Semiconductor Contacts. – Oxford: Clarendon Press, 1978.
15. Perrone D., Naretto M., Ferrero S., Scaltrito L., Pirri C. F. // Materials Science Forum. 2009. Vol. 615–617. P. 647.
16. Ivanov P. A., Grekhov I. V., Potapov A. S., Samsonova T. P., Il'inskaya N. D., Kon'kov O. I., Serebrennikova O. Yu. // Semiconductors. 2010. Vol. 44. P. 653.
17. Sze S. M., Kwok K. Ng. Physics of Semiconductor Devices. – Hoboken: John Wiley & Sons Inc, 2007.
18. Rhoderick E. H. // IEE Proc. 1982. Vol. 129. № 1. P. 1.
19. Andrews J. M., Lepselter M. P. // Solid-State Electron. 1970. Vol. 13. P. 1011.
20. Ivanov P. A., Grekhov I. V., Kon'kov O. I., Potapov A. S., Samsonova T. P., Semenov T. V. // Semiconductors. 2011. Vol. 45. P. 1374.

High voltage silicon carbide Schottky diode for low temperature applications

S. B. Rybalka, A. A. Demidov, E. A. Kulchenkov

Bryansk State Technical University
7 50 let Oktyabrya blvd., Bryansk, 241035, Russia

Received May 24, 2022

The current-voltage characteristics of a high-voltage russian silicon carbide Schottky diode 5DSH410A1 have been studied experimentally and theoretically in the temperature range from 298 K to a liquid nitrogen temperature. It has been established that decreasing of temperature from 298 K to temperature of 78 K, the value of the direct current increases approximately twice (up to 211 A) and the reverse voltage reaches ~1450 V. The forward and reverse current-voltage characteristics at a temperature of 78 K have been described theoretically. The possibility of 5DSH410A1 silicon carbide Schottky diode stable operation under low temperatures is demonstrated.

Keywords: silicon carbide, Schottky diode, current-voltage diagram diode, low temperatures.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-3-49-55

REFERENCES

1. E. A. Gutierrez-D, M. Jamal Deen, and C. Claeys, *Low Temperature Electronics: Physics, Devices, Circuits, and Applications* (Academic Press, San Diego, 2001).
2. R. Singh and B. J. Baliga, *Cryogenic Operation of Silicon Power Devices* (Springer US, New York, 1998).
3. V. N. Alfeev, *Low temperature radio engineering* (Sovetskoe radio, Moscow, 1966) [in Russian].
4. F. Balestra and G. Ghibaudo, *Device and Circuit Cryogenic Operation for Low Temperature Electronics* (Springer US, Boston, 2001).
5. B. J. Baliga, *Fundamentals of Power Semiconductor Devices* (Springer International Publishing AG, Cham, 2019).
6. A. I. Belous, S. A. Efimenko, and A. S. Turtsevich. *Semiconductor power electronics* (Tekhosfera, Moscow, 2013) [in Russian].
7. A. A. Demidov and S. B. Rybalka, *Applied mathematics & physics* **53** (1), 53 (2021).
8. D. Gudilin, *Elektronika NTB*, No. 8, 92 (2014).
9. V. F. Zotin, A. Yu. Drakin, S. B. Rybalka, A. A. Demidov, and E. A. Kulchenkov. *Applied Physics*, No. 6, 67 (2021) [in Russian].
10. S. B. Rybalka, E. A. Kulchenkov, A. A. Demidov, N. A. Zhemoedov, A. Yu. Drakin, V. F. Zotin, and O. A. Shishkina. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1679**, 022045 (2020).
11. S. V. Sedykh, S. B. Rybalka, A. Yu. Drakin, A. A. Demidov, and E. A. Kulchenkov. *J. Phys.: Conf. Ser.* **1410**, 012195 (2019).
12. 5DSH410A1 [electronic resource]. URL: http://group-kremny.ru/catalog/diskretnye-poluprovodniki/diody-i-diodnye-sborki/_5dsh410a1/
13. Cree C4D20120D Silicon Carbide Schottky Diode - Zero Recovery Rectifier, C4D20120D Rev. F, 09-2016 [electronic resource]. URL: <https://assets.wolfspeed.com/uploads/2020/12/C4D20120D.pdf>
14. E. H. Rhoderick, *Metal-Semiconductor Contacts* (Clarendon Press, Oxford, 1978).
15. D. Perrone, M. Naretto, S. Ferrero, L. Scaltrito, and C. F. Pirri, *Materials Science Forum* **615–617**, 647 (2009).
16. P. A. Ivanov, I. V. Grekhov, A. S. Potapov, T. P. Samsonova, N. D. Il'inskaya, O. I. Kon'kov, and O. Yu. Serebrennikova, *Semiconductors* **44**, 653 (2010).
17. S. M. Sze and K. Ng. Kwok, *Physics of Semiconductor Devices* (John Wiley & Sons Inc, Hoboken, 2007).
18. E. H. Rhoderick, *IEEE Proc.* **129** (1), 1 (1982).
19. J. M. Andrews and M. P. Lepselter, *Solid-State Electron* **13**, 1011 (1970).
20. P. A. Ivanov, I. V. Grekhov, O. I. Kon'kov, A. S. Potapov, T. P. Samsonova, T. V. Semenov, *Semiconductors* **45**, 1374 (2011).