

**ЛОКАЛИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ СВЕТА В ЛАВИННЫХ СВЕТОДИОДАХ
НА ОСНОВЕ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНИЯ**

**С.К. Лазарук, А.А. Лешок, А.В. Долбик, А.Ю. Ключицкий*

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Беларусь, 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, дом 6, e-mail: serg@nano.bsuir.edu.by

**LOCALIZATION OF LIGHT EMISSION IN AVALANCHE LEDs BASED
ON NANOCRYSTALLINE SILICON**

**S.K. Lazarouk, A.A. Leshok, A.V. Dolbik, A.Yu. Klyutsky*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
Belarus, 220013 Minsk, P. Browka 6, e-mail: serg@nano.bsuir.edu.by

A study of the localization of light emission in avalanche LEDs based on nanocrystalline silicon has been performed. It is shown that point light emission with an area of up to $1 \mu\text{m}^2$ occurs in places with a high electric field strength, namely, at the corner points of aluminum electrodes. Localization of light emission can be used to generate random numbers (single photons).

Светоизлучающие структуры на основе кремния являются одним из приоритетных направлений научных исследований, так как именно они являются ключевым элементом, определяющим перспективы развития кремниевой фотоники, с которой связывается будущее интегральной электроники [1]. Одним из наиболее перспективных источников света являются кремниевые лавинные светодиоды. Использование механизма лавинного пробоя обратносмещенных р-п переходов или контактов Шоттки обуславливает одно из главных преимуществ данных приборов – высокое быстродействие, позволяющее функционировать в гига- и даже терагерцовом диапазоне частот [2, 3]. Особенности процесса светоизлучения лавинных светодиодов на кремнии посвящена данная работа.

Лавинные светодиоды на основе нанокристаллического кремния формировали по технологии, интегрированной с технологией КМОП ИС. Ключевой операцией технологии получения является магнетронное осаждение нанокompозитной пленки Al/Si с последующим ее электрохимическим анодированием, в результате чего формируются кремниевые кластеры, встроенные в матрицу оксида алюминия [3–5].

На рис. 1 приведены вольт-амперные характеристики светодиодных структур, измеренные при различных температурах кремниевой подложки. Представленные характеристики подтверждают лавинный характер пробоя при обратном смещении, проявляющийся в увеличении напряжения пробоя с ростом температуры. Кроме этого, на рис. 1 на вставках

представлены микрофотографии светодиодных структур при различных напряжениях смещения и общий вид без смещения. Как показано на микрофотографиях светоизлучение в виде горячих точек появляется в местах максимальной напряженности электрического поля (угловые точки алюминиевых электродов). Далее при увеличении напряжения смещения отдельные светящиеся точки сливаются в линии вдоль периметра алюминиевых контактов. Дальнейшее увеличение смещения обеспечивает расширение этих линий и, следовательно, увеличение общей интенсивности светоизлучения.

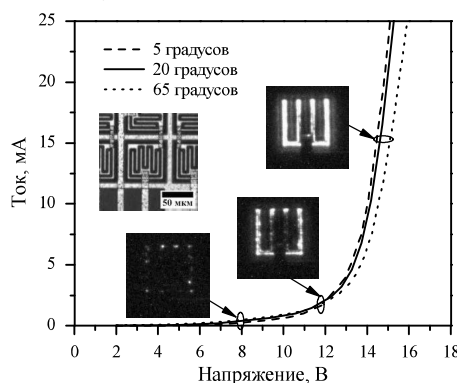


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики светодиодных структур, измеренные при различных температурах кремниевой подложки. На вставках представлены микрофотографии светоизлучающих структур при различных напряжениях смещения и без смещения

Точечная локализация светоизлучения представляет интерес для различных применений. В частности, точечное светоизлучение может быть использовано для генерации случайных чисел (единичных фотонов) при регистрации света в режиме счета отдельных фотонов. Также точечное светоизлучение может быть использовано в качестве источников света для оптоэлектронных устройств СВЧ диапазона. Именно при уменьшении площади лавинных светодиодов до 1 мкм^2 ожидается снижение времен-

ных задержек до величин менее 1 пс, что позволит светодиодам работать в терагерцовом диапазоне, так как временной отклик лавинного пробоя составляет 0.1 пс [3]. Полученные результаты открывают новые возможности для развития кремниевой фотоники, способной значительно увеличить быстродействие современных интегральных микросхем.

Литература

1. L. Pavesi, D.J. Lockwood eds. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Silicon Photonics III, 524p. (2016).
2. S.K. Lazarouk et al., Physica E., **16**(3&4), 495 (2003).
3. S.K. Lazarouk et al., Int. J. Nanosci., **18**(3&4), 1940091 (2019).
4. S.K. Lazarouk et al., Semiconductors, **39**(1), 136 (2005).
5. S.K. Lazarouk et al., Semiconductors, **41**(9), 1109 (2007).