

существенны, и лавинное умножение носителей заряда можно исключить. Предполагалось, что лазерное излучение включается в момент времени $t = 0$ и в течение 1 пс действует с постоянной интенсивностью [3]. При этом до начала воздействия излучения моделирование проводилось в течение некоторого времени, достаточного для установления стационарного процесса переноса носителей заряда в канале транзистора.

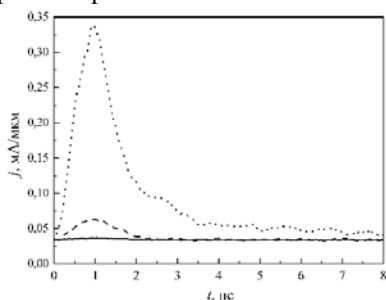


Рисунок 2 – плотность фототока j при воздействии импульсов лазерного излучения с различной интенсивностью I . Сплошная кривая – $I = 5 \cdot 10^9$ Вт/м², штриховая – $I = 5 \cdot 10^{10}$ Вт/м², точечная – $I = 5 \cdot 10^{11}$ Вт/м²

Как видно из рисунка, после окончания воздействия излучения ($t > 1$ пс) стационарное значение темнового тока достигается приблизительно через 8 пс для наибольшей мощности излучения. Как показали проведенные расчеты, определенный заряд сгенерированных излучением электронов и дырок сохраняется еще в течение некоторого времени после снятия действия излучения и после того, как ток спадает до значения темнового. Причем чем больше мощность излучения, тем больше это время. Заметим, что сохранение заряда сгенерированных носителей в канале в течение некоторого времени после спада фототока до темнового значения наблюдается также и в фотодиодах со структурой “металл-полупроводник-металл” и объясняется эффектом динамического экранирования в электронно-дырочной плазме [6]. При этом в отличие от фотодетекторов на основе GaAs [6] отклик тока в КНИ-МОП-транзисторе практически в равной степени обусловлен как электронной, так и дырочной составляющими для всех рассмотренных значений интенсивности излучения. Как можно видеть из рисунка 2, для $t > 3$ пс на графике зависимости плотности тока от времени наблюдаются заметные флуктуации плотности тока при наибольшей мощности

излучения. Является ли это следствием процессов, происходящих в электронно-дырочной плазме, либо обусловлено вычислительными особенностями самосогласованного моделирования, требует дальнейшего выяснения.

Таким образом, проведенные расчеты отклика фототока в субмикронном КНИ-МОП-транзисторе с длиной канала 100 нм при воздействии лазерного излучения пикосекундной длительности с длиной волны 532 нм и интенсивностями $5 \cdot 10^9$ Вт/м², $5 \cdot 10^{10}$ Вт/м² и $5 \cdot 10^{11}$ Вт/м² показали, что время затухания фототока зависит от интенсивности излучения и для максимального рассмотренного ее значения составляет около 8 пс. Также установлено, что в течение определенного времени после спада фототока до значения темнового тока в канале транзистора сохраняется некоторый заряд сгенерированных излучением электронов и дырок, что может быть обусловлено эффектами динамического экранирования в электронно-дырочной плазме.

- Jain, P. Power Gain Analysis of Optically Illuminated MOSFET / P. Jain, B.K. Mishra, G. Phade // International Journal of Computer Applications. – 2012. – Vol. 51, No. 16. – P. 50–54.
- Gautam, R. / R. Gautam [et al.] // Journal of Semiconductor Technology and Science. – 2013. – Vol. 13, No. 5. – P. 500–510.
- Shiri, D. Photoconductive response of strained silicon nanowires: A Monte Carlo study / D. Shiri, A. Verma, M.M. Khader // J. Appl. Phys. – 2014. – Vol. 115. – P. 133708-1–133708-9.
- Golam Rabbani, M. Photoresponse of silicon with asymmetric area contacts / M. Golam Rabbani [et al.] // Semicond. Sci. Technol. – 2017. – Vol. 32. – P. 1–6.
- Du, W. Single-Photon Detection by a Simple Silicon-on-Insulator Metal–Oxide–Semiconductor Field-Effect Transistor / W. Du [et al.] // Jap. J. Appl. Phys. – 2012. – Vol. 51. – P. 06FE01-1–06FE01-4.
- Mogestue, C. Monte Carlo simulation of semiconductor devices / C. Mogestue. – Springer, 1993. – 334 p.
- Borzdov, A.V. Monte Carlo simulation of hot electron transport in deep submicron SOI MOSFET / A.V. Borzdov, V.M. Borzdov, V.V. V'yurkov // Proc. SPIE. – 2014. – Vol. 9440. – P. 944013-1–944013-7.
- Borzdov, A.V. Numerical simulation of electric characteristics of deep submicron silicon-on-insulator MOS transistor / A.V. Borzdov, V.M. Borzdov, N.N. Dorozhkin // Devices and Methods of Measurements. – 2016. – Vol. 7, No 2. – P. 161-168.
- Aspnes, D.E. Dielectric functions and optical parameters of Si, Ge, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, and InSb from 1.5 to 6.0 eV / D.E. Aspnes, A.A. Studna // Phys. Rev. B. – 1983. – Vol. 27, No 2. – P. 985–1009.
- Wang, H. Absorption Coefficients of Crystalline Silicon at Wavelengths from 500 nm to 1000 nm / H. Wang, X. Liu, Z.M. Zhang // Int. J. Thermophys. – 2013. – Vol. 34. – P. 213–225.

УДК 621.382:621.373.820

СПЕКТРЫ ЭЛЕКТРОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ СИНИХ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Бобученко Д.С.¹, Бумай Ю.А.¹, Цвирко В.И.²

¹Белорусский национальный технический университет

²РНПУП «Центр светодиодных и оптоэлектронных технологий НАН Беларуси»

Минск, Республика Беларусь

Исследовались InGaN/GaN светодиоды синего свечения мощностью 5 Вт с множественными квантовыми ямами фирмы Philips LXC2-PB14-

P00 [1]. Измерения проводились при токе 10 мА. Измерения проводились на специализированном спектрометрическом оборудовании в

Центре светодиодных и оптоэлектрических исследований НАН Б. Измерение спектральной силы излучения и силы излучения от светодиодов проводились согласно условиям А и В МКО.

На рисунке 1 показаны спектры силы излучения СИД в осевом направлении при различных температурах окружающей среды (от -196 - 50 °С). При температурах 20-50 °С, спектральная сила излучения в максимуме уменьшается с увеличением температуры, что, вероятно, связано с термическим выбросом носителей заряда из квантовых ям и увеличением вклада безызлучательных рекомбинационных процессов. Положение максимума смещается в сторону более низких энергий, что связано с термическим сужением ширины запрещенной зоны. При понижении температуры до 78 К имеет место смещение максимума спектра в высокоэнергетическую область, и появлением дополнительной составляющей спектра.

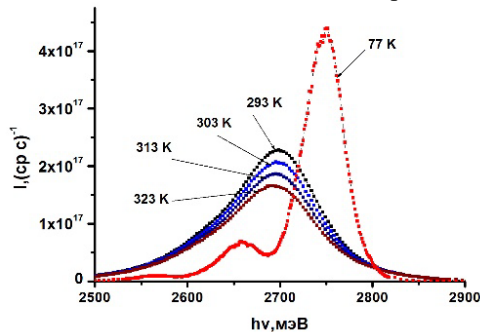


Рисунок 1 – Зависимость спектральной силы излучения СИД от энергии фотонов

На рис.2 показаны значения силы излучения СИД в осевом направлении от температуры окружающей среды. Она имеет нелинейный характер. Уменьшение силы излучения в осевом направлении СИД при азотной температуре вероятно связано с изменением оптической силы,

и, следовательно, диаграммы направленности СИД в жидком азоте.

Рис.3 показывает зависимость длины волны, на которую приходится максимум спектра от температуры окружающей среды. Она имеет линейный характер. Увеличение длины волны при увеличении температуры составляет 0.0386 нм/°К.

Таким образом, в работе установлены особенности изменения оптических характеристик мощных InGaN/GaN СИД от температуры окружающей среды.

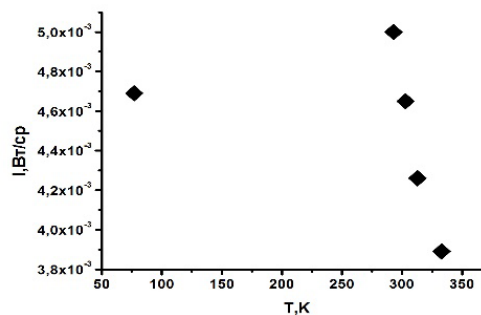


Рисунок 2 – Значения силы излучения в осевом направлении СИД от температуры окружающей среды

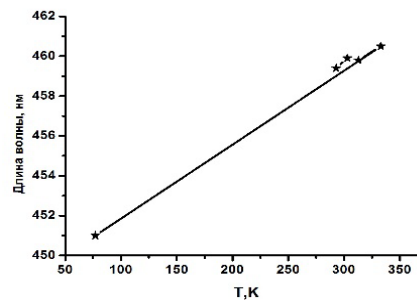


Рисунок 3 – Зависимость длины волны, на которую приходится максимум спектра от температуры окружающей среды

1. www.luxeon.com. Power light source LUXEON K2. Technical Datasheet DS51

УДК 53.082.53

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНОГО СПЕКТРАЛЬНОГО ШУМА В ПРОЦЕДУРЕ АНАЛИЗА ПО МЕТОДУ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ АБСОРБЦИОННОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

Бручковский И.И., Демин В.С., Красовский А.Н.

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Севченко» Белорусского государственного университета
Минск, Республика Беларусь

Для дистанционного мониторинга малых газовых составляющих в атмосфере широко применяется метод дифференциальной оптической абсорбционной спектроскопии (DOAS – Differential Optical Absorption Spectroscopy) [1]. Метод DOAS использует спектры яркости рассеянного солнечного излучения из различных участков небесной сферы, классифицируется как пассивный метод дистанционного зондирования. Результатом применения данного метода к

зарегистрированным спектрам являются наклонные содержания (SCD), которые представляют собой интегральную концентрацию исследуемой малой газовой составляющей вдоль неизвестного пути света по всем возможным путям при данной геометрии наблюдений.

Наклонные содержания измеряемой малой газовой составляющей для различных углов возвышения рассчитываются относительно опорного спектра, поэтому метод DOAS не