А.В. Вишняков¹⁾, В.В. Васильев¹⁾, И.В. Сабинаина¹⁾, Г.Ю. Сидоров¹⁾, В.А. Стучинский¹⁾

¹ ИФП СО РАН, Новосибирск, 630090, пр. Ак. Лаврентьева, 13

тел: +7 (383) 330-90-55, факс: +7 (383) 333-27-71, эл. почта: vishn@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2019-172

Пространственное разрешение ИК фотоприемников (ФПУ) является одним из основных параметров, определяющих их качество. ИК ФПУ должно быть оптимизировано для улучшения разрешения и уменьшения оптической и электрической связи. Расчет диффузии носителей в фоточувствительном слое методом Монте-Карло позволяет прогнозировать изменение разрешения и квантовой эффективности при масштабировании ФПУ и изменении кинетических коэффициентов носителей заряда. Разрешение ФПУ определялось методом функции передачи модуляции.

Расчетная область покрывалась кубической сеткой с шагом 0.25 мкм. Диффузия фотогенерированных носителей в рабочей области моделировалась блужданием частиц по узлам кубической сетки с рекомбинацией, стеканием в р-п переходы и отражением от внешних границ. Методом Монте-Карло рассчитывалась 3-х мерная диффузия фотогенерированных носителей заряда в фотопроводящем слое. При попадании на поверхность р-п перехода носитель уходит во внешнюю цепь. Учитывается рекомбинация фотогенерированных носителей на ловушках (длина диффузии 20 мкм). Падающее ИК излучение генерирует носители на глубине поглощения, отражения света от

рис.1

любой границ не учитывались. Длина волны падающего ИК-излучения выбиралась на длине волны в максимуме чувствительности фотодиода. В расчете учитывалось, что после диффузии ртуты р-п переходы заглублены в фоточувствительный слой. Вычисления проводились для освещения длинным узким пятном засветки, при этом вдоль пятна засветки область расчета достаточно ограничить шагом матрицы/линейки, поперек пятна в расчете включалось несколько пикселей. Ширина пятна засветки выбиралась равной размеру пикселя или меньше. Из полученной зависимости потока носителей на пикселях от положения центра пятна засветки рассчитывались внутренняя квантовая эффективность и пространственное разрешение в штрихах на мм.

На рис.1 показан расчет сигнала при сканировании сфокусированным узким пятном для матрицы с размером пикселя 30×30 мкм вместе с экспериментальными данными (точки). На рис.2 показаны результаты расчета МТФ для линеек 288×4 при сканировании вдоль ВЗН и матриц 320×256 с пикселем 30 мкм с экспериментальными данными (точки). Методом Монте-Карло было также проведено моделирование улучшения пространственного разрешения и фотосигнала ФПУ при масштабном уменьшении размера пикселя. Это позволяет для конкретной геометрии ФПУ рассчитать пространственное разрешение и изменение фотосигнала. Видно, что разрешение улучшается с 10 до 12.6 штр/мм при уменьшении пикселя с 30 до 15 мкм. Уменьшение эффективной площади сбора заряда (мезатравление или дополнительные охранные пиксели) также улучшает разрешение одновременно уменьшая фотосигнал.

На рис.2 показан расчет сигнала при сканировании сфокусированным узким пятном для матрицы с размером пикселя 30×30 мкм вместе с экспериментальными данными (точки). На рис.2 показаны результаты расчета МТФ для линеек 288×4 при сканировании вдоль ВЗН и матриц 320×256 с пикселем 30 мкм с экспериментальными данными (точки). Методом Монте-Карло было также проведено моделирование улучшения пространственного разрешения и фотосигнала ФПУ при масштабном уменьшении размера пикселя. Это позволяет для конкретной геометрии ФПУ рассчитать пространственное разрешение и изменение фотосигнала. Видно, что разрешение улучшается с 10 до 12.6 штр/мм при уменьшении пикселя с 30 до 15 мкм. Уменьшение эффективной площади сбора заряда (мезатравление или дополнительные охранные пиксели) также улучшает разрешение одновременно уменьшая фотосигнал.

рис.2