

УДК 621.383:621.315.5

## Влияние толщины фоточувствительных слоев на свойства МФПУ на основе антимонида индия

А. А. Лопухин

*Исследовано влияние толщины фоточувствительного слоя в МФПУ на основе антимонида индия на одноточечную дефектность и чувствительность до и после утоньшения. На большом объеме матричных фотоприемников (МФП) установлено отсутствие увеличения одноточечной дефектности после утоньшения. Показана возможность изготовления МФП в области диапазона толщин 8÷12 мкм в случае улучшения контроля толщины без уменьшения процента выхода годных. В этом случае должна отсутствовать корреляция между чувствительностями до и после утоньшения, то есть исключено влияние величины объемной диффузионной длины неосновных носителей заряда на квантовый выход МФП после утоньшения, а также должны быть меньше величина разброса чувствительности после утоньшения и меньше взаимосвязь.*

PACS: 07.07.Df, 07.57.-c, 81.05.Ea, 81.65.Rv

**Ключевые слова:** матричное фотоприемное устройство, антимонид индия, дефектность, чувствительность.

### Введение

Серийная технология изготовления тонких фоточувствительных (ФЧ) слоев в матричных фотоприемниках (МФП) формата 320×256 элементов на основе антимонида индия, полученных методами ХМП (химико-механической полировки) и ХДП (химико-динамической полировки) [1, 3], требует непрерывного совершенствования в связи с уменьшением шага крупноформатных МФП до 15 мкм и менее, а также в связи с задачей переноса этой технологии для утоньшения МФП на основе арсенида галлия, используемых, например, в QWIP-фотоприемниках и в КРТ на подложках из арсенида галлия.

Целью данной работы являлось исследование влияния толщины фоточувствительных слоев на свойства матричных фотоприемных устройств (МФПУ) на основе антимонида индия.

### Постановка работы

Исследованы МФП формата 320×256 с шагом элементов 30 мкм, которые утоньшались методами ХМП и ХДП после операции гибридации [1—10].

Основным методом анализа операции утоньшения стало сравнение характеристик МФП

до и после утоньшения. Для улучшения операции утоньшения в связи с уменьшением шага крупноформатных МФП разработана технология утоньшения, позволяющая прецизионно контролировать качество границ по периметру и толщину ФЧ-слоя.

### Влияние толщины фоточувствительного слоя

Одной из основных характеристик утоньшения является конечная толщина ФЧ-слоя. Разработанная технология утоньшения позволяет точно формировать толщину. Однако возникает вопрос: какова оптимальная толщина ФЧ-слоя? Для ответа исследовались характеристики, на которые влияет толщина ФЧ-слоя. На рис. 1 показаны интегральные функции распределения МФП по толщине ФЧ-слоя.

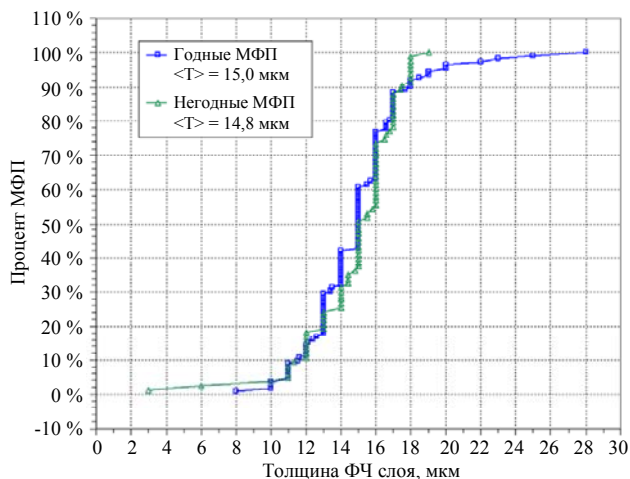


Рис. 1. Интегральные функции распределения годных и негодных МФП InSb 320×256×30 мкм по толщине фоточувствительного слоя

Лопухин Алексей Алексеевич, начальник участка измерений.

ОАО «НПО «Орион».

Россия, 111123, Москва, ш. Энтузиастов, 46/2.

Тел.: (499) 374-94-00, 374-94-01. Факс (499) 373-68-62.

E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 29 сентября 2014 г.

© Лопухин А. А., 2014

Видно, что эти функции распределения (в том числе и средние значения толщины ФЧ-слоя, которые оказались ~15 мкм) близки как для годных, так и для негодных МФП. В области диапазона толщин 8÷12 мкм рассматриваемые функции распределения практически совпадают, что показывает возможность изготовления МФП вышеуказанного диапазона толщин в случае улучшения контроля толщины без уменьшения процента выхода годных. Кроме этого, на большом объеме МФП при времени накопления  $T_n = 100$  мкс установлено отсутствие корреляции чувствительности  $\Delta(V_{AЧТ} = 33 \text{ }^\circ\text{C} - V_{AЧТ} = 20 \text{ }^\circ\text{C})$  и количества одноточечных дефектов с толщиной фоточувствительного слоя после утоньшения.

### Дефектность и чувствительность МФП до и после утоньшения

Достигнутый на текущий момент уровень дефектности МФП на основе антимионида индия формата 320×256 с шагом элементов 30 мкм составляет около 0,1±0,3 % [2]. В основной массе эти дефекты являются утечками и обусловлены матричным фоточувствительным элементом (МФЧЭ). Большой объем изготовленных МФЧЭ позволил собрать статистические данные с шести слитков антимионида индия, характеризующихся двумя значениями концентраций неосновных носителей с двух сторон слитка, плотностью дислокаций и средним значением диффузионной длины неосновных носителей заряда. Эти данные приведены в таблице.

Из сопоставления интегральных функций распределения годных МФП по количеству одноточечных дефектов до и после утоньшения для двух различных слитков InSb следует уменьшение количества одноточечных дефектов в среднем на 15—30 %. На рис. 2 представлены зависимости для МФП InSb с размерами 320×256×30 мкм количества одноточечных дефектов до и после утоньшения для различных слитков. Расположение большинства графиков ниже штрих-пунктирной линии, соответствующей неизменному количеству дефектов, подтверждает уменьшение в среднем

количества одноточечных дефектов после утоньшения.

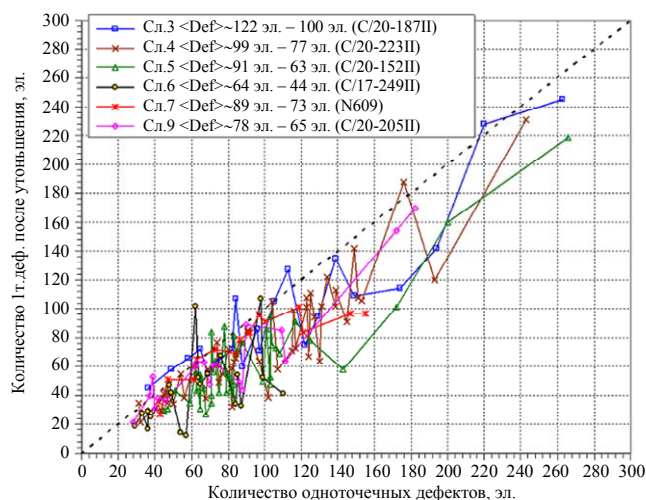


Рис. 2. Зависимости для МФП InSb 320×256×30 мкм количества одноточечных дефектов до и после утоньшения

Это объясняется различными фоновыми условиями при измерениях. Фоновый ток при измерениях МФП после утоньшения становится в 50÷100 раз больше фонового тока до утоньшения. При этом время накопления при измерениях МФП уменьшается во столько же раз. Соответственно, темновой ток фотодиодов с небольшими утечками при малом уровне фона становится сравнимым с фоновым током, и такие фотодиоды, недефектные при больших уровнях фона, засчитываются в дефектные при малых уровнях фона. Кроме этого, имеются существенные различия в слитках антимионида индия. Например, два слитка 3 и 6 сильно отличаются концентрацией основных носителей заряда, плотностью дислокаций и диффузионной длиной неосновных носителей заряда (см. таблицу).

Аналогично МФП на основе InSb, в матричных фотоприемниках на основе QWIP GaAs количество одноточечных дефектов с повышенными утечками уменьшилось в среднем от 64 эл. до 63 эл. после утоньшения, что находится в пределах погрешности измерения.

Таблица

Параметры слитков антимионида индия

Слитки	$L_p$ , мкм	$n_1$ , см <sup>-3</sup>	$n_2$ , см <sup>-3</sup>	$N_d$ , см <sup>-2</sup>
Сл.3 (C/20-187II)	36,67	$6,4 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^{15}$	432—30,3
Сл.4 (C/20-223II)	59,23	$8,8 \cdot 10^{14}$	$1,1 \cdot 10^{15}$	17,4—23,5
Сл.5 (C/20-152II)	53,98	$7,1 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^{15}$	32—18
Сл.6 (C/17-249II)	68,43	$8,0 \cdot 10^{13}$	$1,8 \cdot 10^{14}$	9,2—6,0
Сл.7 (N609)	73,45	$3,2 \cdot 10^{14}$	$1,2 \cdot 10^{15}$	< 100
Сл.9 (C/20-205II)	70,30	$4,9 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^{15}$	13,8—4,4

Полученные карты распределения по площади одноточечных дефектов (1 = дефект, 0 = нет дефекта), просуммированные по всем слиткам до и после утоньшения, показали одинаковое равномерное распределение по площади, что подтверждает отсутствие влияния процесса утоньшения на одноточечную дефектность.

Таким образом, можно заключить, что процесс утоньшения не приводит к увеличению одноточечной дефектности.

Значения фоновых токов в МФП, как правило, коррелируют со значениями чувствительности [2]. Имеется монотонная зависимость чувствительности после утоньшения МФП формата 320×256 с шагом 30 мкм от значений чувствительности до утоньшения для шести различных слитков InSb (рис. 3).

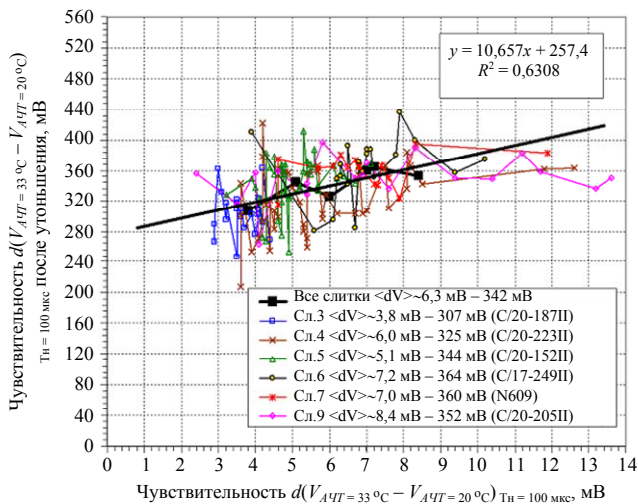


Рис. 3. Зависимости для МФП InSb 320×256×30 мкм чувствительности до и после утоньшения

Большая дисперсия чувствительности неутоньшенных структур (40 % от среднего по всем слиткам значения чувствительности), обусловлен-

ная большим разбросом объемной длины диффузии по слиткам и поверхностной рекомбинации на тыльной стороне пластин, существенно уменьшается (до 14 % от среднего по всем слиткам значения чувствительности) после утоньшения до толщины 10÷20 мкм, которая много меньше длины диффузии (36÷73 мкм) и пассивации тыльной стороны структуры.

## Выводы

1. Показана возможность изготовления МФП в области диапазона толщин 8÷12 мкм без уменьшения процента выхода годных.
2. Процесс утоньшения не приводит к увеличению одноточечной дефектности.
3. После утоньшения до толщины 10÷20 мкм разброс чувствительности по изготовленным из различных пластин и слитков антимионида индия МФП существенно уменьшается.

## Литература

1. Болтарь К. О., Киселева Л. В., Лопухин А. А. и др. // Патент РФ № 2460174. 2012.
2. Болтарь К. О., Власов П. В., Лопухин А. А. и др. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 6. С. 733.
3. Болтарь К. О., Власов П. В., Лопухин А. А. и др. // Прикладная физика. 2013. № 6. С. 67.
4. Патент РФ на изобретение № 2343590.
5. Соляков В. Н., Корнеева М. Д., Кортиков М. В. и др. // Прикладная физика. 2011. № 4. С. 96.
6. Болтарь К. О., Корнеева М. Д., Мезин Ю. С. и др. // Прикладная физика. 2011. № 1. С. 96.
7. Кардонов Н. В., Климанов Е. А., Ляликов А. В. и др. // Прикладная физика. 2012. № 3. С. 66.
8. Дирочка А. И., Климанов Е. А., Мезин Ю. С. и др. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 1. С. 65.
9. Хромов С. С., Зайцев А. А. // Прикладная физика. 2011. № 2. С. 100.
10. Кузнецов П. А., Хромов С. С. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 3. С. 321.

## Influence of the photosensitive layer thickness on InSb FPA properties

A. A. Lopuhin

Orion R&P Association  
46/2 Enthusiasts highway, Moscow, 111123, Russia,  
E-mail: orion@orion-ir.ru

Received September 29, 2014

*InSb matrix photodetectors a format 320×256 of elements with pitch 30 μm, which thinning methods chemico-mechanical polishing (CMP) and chemico-dynamical polishing (CDP) after hybridization operation are investigated. Comparison of characteristics matrix photodetectors before and after thinning became the basic method of the analysis thinning operation. The technology is*

*developed for operation improvement thinning in connection with pitch reduction wide format matrix photodetectors allowing precisely to control quality of borders on perimetre and a thickness photosensitive layer. In case reduction of a photosensitive layer thickness to  $8\div 12\ \mu\text{m}$  there should be no a correlation between sensitivity before and after thinning, that is influence bulk diffusion length of nonbasic charge carriers on quantum efficiency matrix photodetectors after thinning, and also should be less value of sensitivity dispersion after thinning and less crosstalk.*

PACS: 07.07.Df, 07.57.-c, 81.05.Ea, 81.65.Rv

*Keywords:* FPA, indium antimonide photodiodes, defects, photosensitivity.

#### References

1. K. O. Boltar, L. V. Kiseleva, A. A. Lopukhin, et al., RF Patent No. 2460174 (2012).
2. K. O. Boltar, P. V. Vlasov, A. A. Lopukhin, et al., Uspekhi Prikladnoi Fiziki **1**, 733 (2013).
3. K. O. Boltar, P. V. Vlasov, A. A. Lopukhin, et al., Prikl. Fiz., No. 6, 67 (2013).
4. RF Patent No. 2343590.
5. V. N. Solyakov, M. D. Korneeva, M. V. Kortikov, et al., Prikl. Fiz., No. 4, 96 (2011).
6. K. O. Boltar, M. D. Korneeva, Yu. S. Mezin, et al., Prikl. Fiz., No. 1, 96 (2011).
7. N. V. Kardonov, E. A. Klimanov, A. V. Iyalikov, et al., Prikl. Fiz., No. 3, 66 (2012).
8. A. I. Dirochka, E. A. Klimanov, Yu. S. Mezin, et al., Uspekhi Prikladnoi Fiziki **1**, 65 (2013).
9. S. S. Khromov and A. A. Zaitsev, Prikl. Fiz., No. 2, 100 (2011).
10. P. A. Kyznetsov and S. S. Khromov, Uspekhi Prikladnoi Fiziki **1**, 321 (2013).