

УДК 621.383.4/5:621.315.59

Дефекты гибридизации матричных фоточувствительных элементов и схем считывания

Н. А. Иродов, К. О. Болтарь, П. В. Власов, А. А. Лопухин

Представлены результаты исследований индиевых микроконтактов на кристаллах БИС считывания и матричных фоточувствительных элементов после их гибридизации и последующей расстыковки, зависимости усилия отрыва от площади микроконтактов, а также вероятность появления дефектов БИС считывания после гибридизации. Индиевые микроконтакты на кристаллах БИС считывания изготовлены по технологии ионного травления, на кристаллах МФЧЭ методом химического травления. Исследованы фотоприемники форматов 320×256 с шагом 30 мкм и 640×512 с шагом 15 мкм на основе антимолибдита индия.

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

Ключевые слова: матричный фотоприемник, гибридизация, индиевые микроконтакты, матричный фоточувствительный элемент, БИС считывания.

Введение

Гибридизация является одной из важнейших операций изготовления матричных фотоприемников (МФП) [1—3]. При гибридизации кристаллов БИС считывания и матричных фоточувствительных элементов (МФЧЭ) методом перевернутого монтажа индиевые микроконтакты выполняются, как правило, в виде квадратных площадок, причем с практически одинаковыми геометрическими размерами для обоих кристаллов. Основными проблемами во время гибридизации БИС считывания и МФЧЭ являются:

- отрыв микроконтактов, связанный с недостаточным усилием гибридизации или неровностями рельефа на поверхности МФЧЭ;
- передавливание индиевых микроконтактов и, как следствие, закоротка между соседними

микроконтактами из-за сильного расплющивания индия;

- закоротка между соседними микроконтактами, возникающая из-за больших габаритов индиевых микроконтактов и маленького расстояния между контактами;

- дефекты МФЧЭ или БИС считывания, связанные с повреждением поверхностного или межслойного диэлектрика.

Целью данной работы являлось исследование индиевых микроконтактов на кристаллах БИС считывания и матричных фоточувствительных элементов после их гибридизации и последующей расстыковки в интересах выяснения наиболее вероятных причин возникновения дефектов в БИС считывания и поиска путей их минимизации.

Дефекты после гибридизации

Гибридизация кристаллов БИС считывания и МФЧЭ производилась на установке гибридизации методом перевернутого монтажа [4]. Затем состыкованные кристаллы расстыковывались, и при помощи электронного цифрового безмена определялось усилие отрыва. Далее расстыкованные кристаллы БИС считывания и МФЧЭ осматривали под микроскопом и определяли рассовмещение индиевых микроконтактов между собой по осям X и Y (см. рис. 1).

Индиевые микроконтакты на кристаллах БИС считывания и МФЧЭ изготавливались с по-

Иродов Никита Александрович, инженер 2 кат¹.
Болтарь Константин Олегович, начальник НТК¹, профессор².
Власов Павел Валентинович, ведущий инженер¹.
Лопухин Алексей Алексеевич, начальник участка измерений НТК¹.

¹ АО «НПО «Орион».

Россия, Москва, 111538, ул. Косинская, 9.

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

E-mail: orion@orion-ir.ru

² Московский физико-технический институт.

Россия, 171700, Московская обл., г. Долгопрудный, Институтский пер. 9.

Статья поступила в редакцию 3 октября 2016 г.

мощью ионного и химического травления соответственно [5, 6].

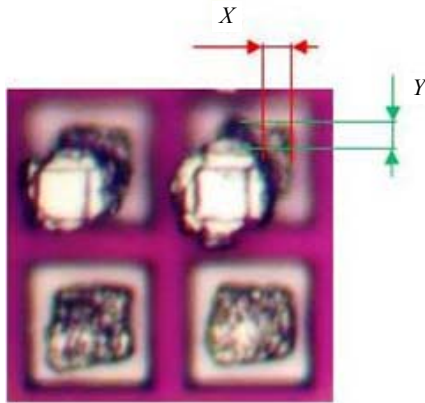


Рис. 1. Расположение индиевых микроконтактов после расстыковки МФЧЭ и БИС считывания по осям X и Y.

На рис. 2 представлены зависимости удельного усилия на отрыв от площади состыкованных микроконтактов и интегральные функции распределения МФП по удельному усилию на отрыв для кристаллов форматов 640×512 с шагом 15 мкм и форматов 320×256 с шагом 30 мкм. Удельные усилия на отрыв микроконтактов, изготовленных химическим травлением, слабо зависят от площади состыкованных микроконтактов МФП на основе InSb, а также от формата фотоприемника, что обеспечивает практически линейный рост усилия на отрыв с увеличением площади состыкованных индиевых микроконтактов.

Средние значения удельного усилия на отрыв микроконтактов, изготовленных химическим травлением, для форматов 640×512 и 320×256 близки и составляют 3,1 Н/мм² и 3,5 Н/мм² соответственно. Удельное усилие на отрыв индиевых микроконтактов изготовленных методом взрыва (ВЗ) [7] равно 8,6 Н/мм², что примерно в 2,5 раза больше, чем удельное усилие на отрыв индиевых микроконтактов, изготовленных химическим травлением (ХТ). Это обусловлено, по-видимому, меньшим загрязнением и окислением поверхности индия при «сухих» методах обработки.

Для улучшения качества и надежности гибридизации нужно прилагать большее усилие в

процессе гибридизации, но при этом возрастает вероятность повреждения поверхностного или межслойного диэлектрика МФЧЭ или БИС считывания. Повреждения МФЧЭ более вероятны, чем БИС считывания из-за меньшей отработанности технологии по сравнению с технологией кремниевых БИС, однако для БИС считывания такие повреждения более заметны, так как одиночные повреждения могут приводить не только к дефектам отдельных элементов, но и к выходу из строя целых столбцов и рядов БИС считывания, что демонстрируют данные, приведенные в таблице.

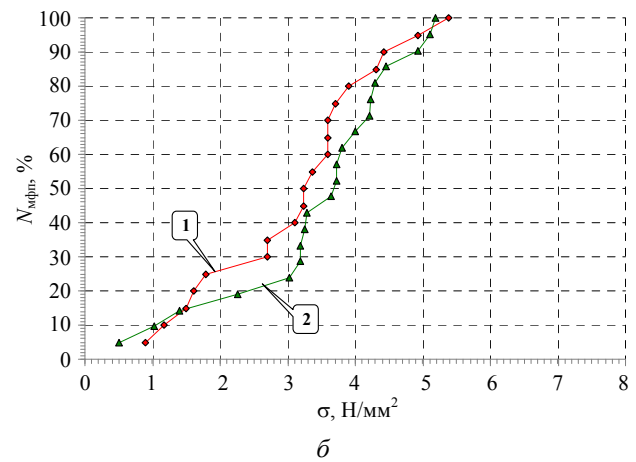
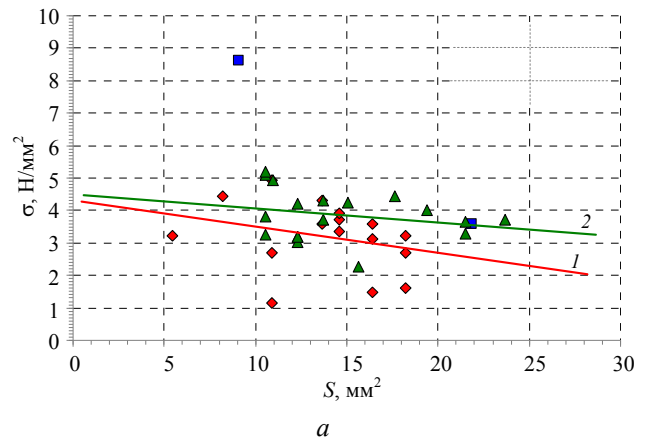


Рис. 2. Зависимости удельного усилия σ на отрыв от площади состыкованных микроконтактов (а) и интегральные функции распределения МФП по удельному усилию на отрыв (б) для МФП форматов 640×512 (1) и 320×256 (2) элементов.

Таблица

Вероятность появления вертикальных и горизонтальных линий после гибридизации на кристаллах БИС считывания форматов 320×256 и 640×512 элементов

	640×512	320×256
Количество БИС считывания с вертикальными дефектными линиями	6,8%	5,0%
Количество БИС считывания с неодинокными вертикальными дефектными линиями	5,2%	2,8%
Количество БИС считывания с горизонтальными дефектными линиями	4,4%	1,6%
Количество БИС считывания с неодинокными горизонтальными дефектными линиями	2,0%	0%
Количество БИС считывания с вертикальными и горизонтальными дефектными линиями	0,8%	0,6%
Всего БИС считывания с дефектными линиями	10,4%	6,1%

Из представленных в таблице значений, а также интегральных функций распределения БИС считывания по количеству вертикальных и горизонтальных дефектных линий после гибридизации (см. рис. 3) видно, что вероятность появления вертикальных дефектных линий существенно выше горизонтальных для обоих типов БИС. Учитывая то, что вертикальные шины расположены в верхнем слое металлизации БИС считывания, а горизонтальные в межслойном диэлектрике, можно заключить, что процессы формирования индиевых микроконтактов методом ионного травления и гибридизация приводят к повреждению верхнего

диэлектрика и, как следствие, к рождению вертикальных дефектных линий [2, 8]. Таким образом, для уменьшения вероятности появления дефектов в БИС считывания необходимо меньше повреждать поверхность верхнего диэлектрика. Например, формировать индиевые микроконтакты методом взрыва вместо ионного травления. Тем самым он будет менее подвержен повреждениям из-за давления, действующего на поверхность БИС считывания при гибридизации, что приведет к уменьшению вертикальных дефектных линий и, возможно, к их исключению. Это предположение нуждается в дополнительном исследовании.

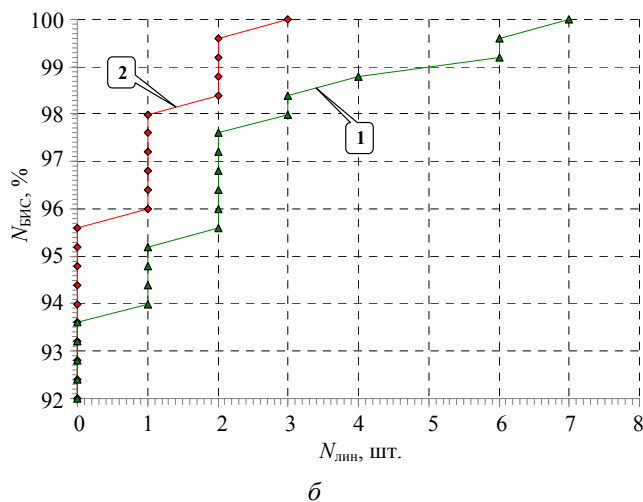
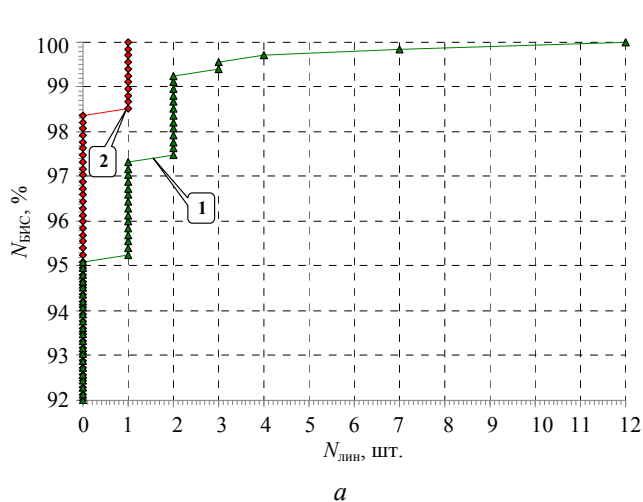


Рис. 3. Интегральные функции распределения БИС считывания по количеству дефектных вертикальных (1) и горизонтальных (2) линий, образованных после гибридизации МФП форматов 320×256 (а) и 640×512 (б) элементов.

Представленные результаты показывают, что для кристаллов БИС считывания формата 320×256 процент появления вертикальных и горизонтальных дефектных линий меньше, чем для формата 640×512, причем практически отсутствуют множественные дефектные линии. Это связано с тем, что у формата 320×256 больше шаг элементов, чем у формата 640×512, а также у формата 320×256 менее сложная схемотехника ячейки. Всё это не позволяет полностью исключить возникновения вертикальных дефектных линий, но процент появления их уменьшен почти в 2 раза.

Заключение

В работе исследованы дефекты после гибридизации в матричных фотоприемниках форматов 640×512 и 320×256 на основе антимолибдита индия.

Показано, что удельные усилия на отрыв слабо зависят от площади состыкованных микроконтактов матричных фотоприемников, и это обеспечивает монотонный рост усилия на отрыв с

увеличением площади состыкованных индиевых микроконтактов.

Вероятными причинами возникновения дефектов в БИС считывания являются повреждения верхнего слоя диэлектрика при формировании индиевых микроконтактов методом ионного травления и большие механические воздействия на верхний слой диэлектрика в процессе гибридизации. Таким образом, для уменьшения вероятности появления дефектов в БИС считывания необходимо лучше защищать поверхность верхнего диэлектрика, например, использовать метод формирования индиевых микроконтактов взрывом вместо ионного травления. Это предположение нуждается в дополнительном исследовании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Болтарь К. О., Киселева Л. В., Лопухин А. А., Савостин А. В. Способ изготовления матричного фотоприемника (варианты). Патент № 2460174. 2012.
 2. Болтарь К. О., Власов П. В., Лопухин А. А., Полунеев В. В., Рябова А. А. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 6. С. 733.

3. Балиев Д. Л., Болтарь К. О., Власов П. В., Киселева Л. В., Ложников В. Е., Лопухин А. А., Мансветов Н. Г., Полунеев В. В., Рудневский В. С., Савостин А. В. // Прикладная физика. 2014. № 2. С. 41.

4. Lau J. H. *Flip Chip Technologies* — McGraw-Hill. 1996.

5. Болтарь К. О., Корнеева М. Д., Мезин Ю. С., Седнев М. В. // Прикладная физика. 2011. № 1. С. 96.

6. Дирочка А. И., Климанов Е. А., Мезин Ю. С., Седнев М. В., Шаронов Ю. П. // Успехи прикладной физики. 2013. Т. 1. № 1. С. 64.

7. Васильева Л. А., Микертумянц А. Р., Акимов В. М., Шелоболин И. А., Лисейкин В. П. Способ изготовления индиевых столбиков. Патент № 2468469. 2012.

8. Хромов С. С., Зайцев А. А. // Прикладная физика. 2011. № 2. С. 100.

Defects at hybridization of the Detector Array and ROIC

N. A. Irodov¹, K. O. Boltar^{1,2}, P. V. Vlasov¹, and A. A. Lopukhin¹

¹ Orion R&P Association
9 Kosinskaya str., Moscow, 111538, Russia
E-mail: orion@orion-ir.ru

² Moscow Institute of Physics and Technology
9 Institute al., Dolgoprudny, Moscow Region, 141700, Russia

Received October 3, 2016

Bonding of the InSb Detector Array and ROIC via Indium bumps is discussed. We investigated Arrays of 320×256 pixels with a pitch of 30 microns and 640×512 pixels with a pitch of 15 microns. Indium bumps were formed by the chemical etching method, ionic etching method or lift-off method. A bonding strength is twice more for the lift-off method in comparison with the chemical etching method. Processes of formation of indium bumps by the method of ionic etching and hybridization lead to damage of a top dielectric and, as a consequence, to occur of defects in Columns and Rows of ROIC. Probability of occurrence the defects in ROIC is negligible for the lift-off method of bump formation.

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

Keywords: Focal Plane Array, hybridization, indium bumps, ROIC.

REFERENCES

1. K. O. Boltar, L. V. Kiseleva, A. A. Lopukhin, and A. V. Savostin, RF Patent No. 2460174 (2012).
2. K. O. Boltar, P. V. Vlasov, A. A. Lopukhin, V. V. Poluneev, and A. A. Ryabova, *Usp. Prikl. Fiz.* **1**, 733 (2013).
3. D. L. Baliev, K. O. Boltar, P. V. Vlasov, L. V. Kiseleva, V. E. Lozhnikov, A. A. Lopukhin, N. G. Mansvetov, V. V. Poluneev, V. V. Rudnevskii, and A. V. Savostin, *Prikl. Fiz.*, No. 2, 41 (2014).
4. J. H. Lau, *Flip Chip Technologies* (McGraw-Hill, 1996)
5. K. O. Boltar, M. D. Korneeva, Yu. S. Mezin, and M. V. Sednev, *Prikl. Fiz.*, No. 1, 96 (2011).
6. A. I. Dirochka, E. A. Klimanov, Yu. S. Mezin, M. V. Sednev, and Yu. P. Sharonov, *Usp. Prikl. Fiz.* **1**, 64 (2013).
7. L. A. Vasil'eva, A. R. Mikertumyants, V. M. Akimov, I. A. Shelobolin, and V. P. Liseukin, RF Patent No. 2468469 (2012).
8. S. S. Khromov and A. A. Zaitsev, *Prikl. Fiz.*, No. 2, 100 (2011).