

УДК 621.049.77

О “взрывном” способе изготовления систем металлизации и микроконтактов в БИС считывания фотосигнала

В. М. Акимов, Е. А. Климанов, В. П. Лисейкин, А. Р. Микертумянц,
М. В. Седнев, В. В. Сергеев, И. А. Шелоболин

Рассмотрена технология “взрывного” способа изготовления токоведущих систем и микроконтактов в больших интегральных схемах (БИС).

PACS: 85.40.LS

Ключевые слова: системы, металлизация, формирование, токоведущие системы, БИС.

Введение

Известно, что при изготовлении матричных гибридных фотоприемных устройств (МФПУ) используются различные системы металлизации: индиевые микроконтакты высотой до 9—12 мкм для гибридизации матричных и многорядных фоточувствительных элементов (МФЧЭ) с БИС считывания, многоуровневая металлизация (V—Al—V, Ti—TiN—Al(Si, Cu) и др.) для формирования токоведущих дорожек в БИС-считывания.

В связи с увеличением формата МФПУ до 320×256, 384×288 и более и соответствующим ростом площади кристаллов МФЧЭ и БИС необходимо увеличивать высоту и однородность индиевых микроконтактов.

Для формирования микроконтактов используются различные методы [1, 2]:

напыление индия термическим испарением через металлическую маску;

гальваническое осаждение индия;

термическое испарение индия с последующей прямой фотолитографией;

термическое испарение индия с последующей обратной фотолитографией (“взрывная” технология).

Каждому методу присущи свои преимущества и недостатки, однако для МФПУ с шагом элементов 30 мкм и более в настоящее время наиболее часто используются методы прямой и обратной фотолитографии.

Дефекты системы металлизации БИС-считывания, которая, как правило, формируется с использованием прямой фотолитографии, являются одной из основных причин снижения процента их выхода.

В данной работе рассматривается применение “взрывного” метода для решения указанных задач, что в значительной степени устраняет недостатки, присущие методу прямой фотолитографии: неоднородность химического травления по площади образцов и химическое воздействие на нижележащие технологические слои, приводящее к повышенной плотности дефектов.

Изготовление индиевых микроконтактов

В работе [3] приведена технология изготовления однослойной алюминиевой металлизации с помощью взрывной фотолитографии с использованием двух позитивных фоторезистов AZ 4620 и AZ 4330, проявителей AZ-400K и AZ-400T и хлорбензола для создания необходимого для этого метода отрицательного угла проявления фоторезистивной маски.

Другим распространенным приемом получения отрицательного угла проявления является исполь-

Акимов Владимир Михайлович, начальник отдела.
Климанов Евгений Алексеевич, начальник НТК.
Лисейкин Виктор Петрович, старший научный сотрудник.
Микертумянц Артем Рубенович, начальник участка.
Седнев Михаил Васильевич, начальник участка.
Сергеев Вячеслав Владимирович, инженер.
Шелоболин Игорь Александрович, инженер.
ФГУП «НПО “Орион”».
Россия, 111123, Москва, шоссе Энтузиастов, 46/2.
E-mail: orion@orion-ir.ru

Статья поступила в редакцию 19 ноября 2009 г.

зование негативных фоторезистов. Однако при формировании индиевых микроконтактов достаточно большой высоты (порядка 10 мкм), необходимо использовать фоторезистивную маску с толщиной, значительно превышающей толщину слоя индия, что требует применения специальных фоторезистов, не выпускаемых отечественной промышленностью. К недостаткам негативных фоторезистов относится также их невысокая разрешающая способность.

В данной работе авторами рассматривается взрывной метод создания индиевых (In) микроконтактов с использованием одного позитивного фоторезиста и двух слоев молибдена (Mo) для создания отрицательного угла проявления.

Последовательность операций при этом была следующей.

На кремниевую пластину с кристаллами БИС-считывания наносили первый слой толстого позитивного фоторезиста толщиной 6—7 мкм с последующей сушкой. На фоторезисте методом магнетронного распыления в вакууме напылялся тонкий слой молибдена, на который наносили второй слой позитивного фоторезиста толщиной 6—7 мкм с последующей сушкой. Далее напылялся второй слой молибдена. С помощью стандартной прямой фотолитографии на верхнем слое молибдена формировалась топология индиевых микроконтактов с травлением молибдена в кислотном травителе. Для совмещения использовались метки, предварительно вытравленные в кремниевой пластине. Затем проводили экспонирование и проявление верхнего фоторезиста до нижнего слоя молибдена с последующим травлением нижних слоев молибдена и фоторезиста до верхней поверхности контактного металлического слоя, в качестве которого использовали ванадий.

На рис. 1 показана фотография слоев фоторезиста и пленок Mo, полученная на растровом электронном микроскопе JSM-35CF.

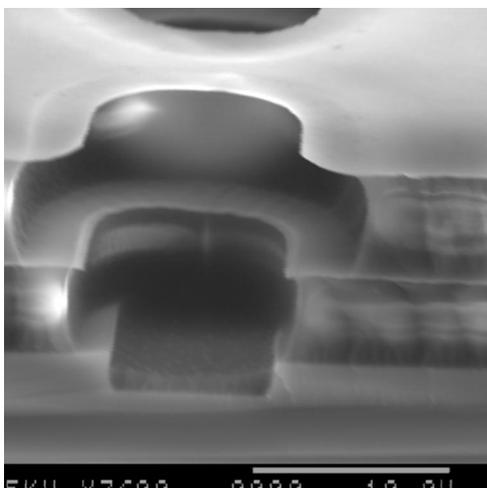


Рис. 1. Фотография слоев фоторезиста и пленок Mo

После формирования маски на пластину термическим испарением напылялась пленка In заданной толщины (9—10 мкм). Далее осуществлялся “взрыв” верхнего фоторезиста в диметил-формамиде, травился нижний слой Mo, а фоторезист растворялся в смеси диметилформамида с моноэтаноламином.

На рис. 2 показана фотография изготовленных описанным способом массива индиевых микроконтактов площадью 9×12 мкм, высотой 9—10 мкм с шагом 30 мкм. Видно, что массив индиевых микроконтактов достаточно однороден по всей площади матричной БИС, закоротки между отдельными микроконтактами отсутствуют.

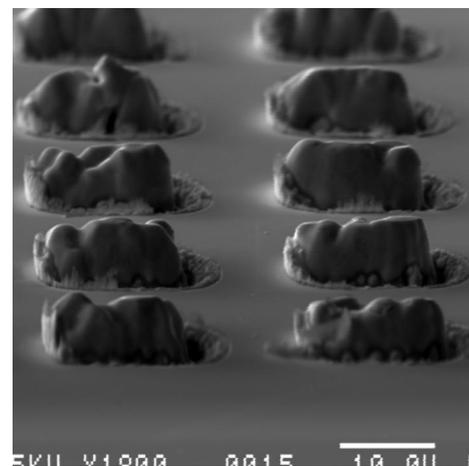


Рис. 2. Фотография индиевых (In) столбов после “взрыва” In-пленки

Приведенные фотографии демонстрируют ограничения данного метода: в направлении меньшего размера (9 мкм) наблюдается выраженная конусность, связанная с теневым эффектом маски. Действительно, в работе [4] получено выражение для угла наклона края металлической шины в зависимости от параметров процесса взрывной фотолитографии

$$\theta = T_m / (2H_p + H_m) \operatorname{tg} \omega_{\max},$$

где T_m , H_p , H_m — толщины металла, фоторезиста и металлической маски, соответственно;

ω_{\max} — максимальный угол между потоком частиц напыляемого металла и нормалью к образцу.

Подставляя экспериментальные значения параметров ($T_m = 10$ мкм, $H_p = 14$ мкм, $H_m = 0,1$ мкм, $\operatorname{tg} \omega_{\max} \approx 0,17$), можно оценить ширину наклонного участка индиевого микроконтакта, которая в нашем случае составляет приблизительно 2,5 мкм. Следовательно, при размере плоской части микроконтакта порядка 10 мкм общая его ширина будет равняться 15 мкм.

Изготовление трехслойной металлизации V—Al—V

Метод “взрывной” фотолитографии применялся также для создания металлических токоведущих дорожек в БИС-считывания.

Последовательность технологических операций в этом случае была следующей.

После создания контактных окон в защитном окисле на поверхность пластины наносили фоторезист с последующей сушкой. Затем на фоторезист напыляли слой молибдена, по которому делается прямая фотолитография с травлением его в плазме или химически в зависимости от ширины токоведущих дорожек. Далее травят фоторезист, и методом вакуумного распыления наносят трехслойную металлическую пленку ванадий—алюминий—ванадий (V—Al—V). После этого происходит операция “взрыва” металлической пленки с растворением фоторезиста в диметилформамиде. На рис. 3 показана фотография токоведущих дорожек, полученных данным методом на растровом микроскопе.

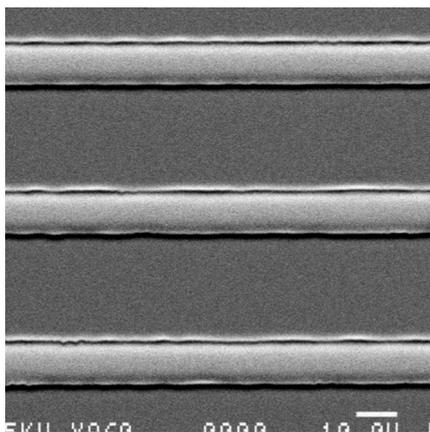


Рис. 3. Фотография металлической разводки

Заключение

Результаты исследований показывают, что применение разработанного метода создания маски с отрицательным углом проявления с использованием чередующихся слоев позитивного фоторезиста и молибдена для “взрывной” фотолитографии позволяет изготавливать бездефектные однородные массивы индиевых микроконтактов высотой ~10 мкм, а также формировать системы металлизации в кремниевых БИС-считывания сигнала. При этом отпадает необходимость в применении специальных толстых фоторезистов, в том числе негативных, обладающих худшим разрешением, и в значительной степени устраняются недостатки, присущие методу химического травления при проведении прямой фотолитографии: неоднородность травления по площади образцов, приводящая к неоднородности в размерах индиевых микроконтактов по площади кристалла, и химическое воздействие на нижележащие технологические слои, приводящее к повышенной плотности дефектов в них.

Л и т е р а т у р а

1. Клименко А. Г., Войнов В. Г., Новоселов А. П., Недосекина Т. Н., Васильев В. В., Захарьян Т. И., Овсяк В. Н. Особо пластичные индиевые микростолбы для матричных ФПУ на CdHgTe// Автометрия. 1988. № 4. С. 105—112.
2. Jiang J., Tsao S., O'Sullivan T., Ruzeghi M., Brown G. Fabrication of indium bumps for hybrid infrared focal plane array applications// Infrared Physics & Tehnology. 2004. No. 45. P. 143—151.
3. Yoshio Homma, Hisao Nozawa, Seiki Harado. Polyimide Liftoff technology for High Density LSI metallization// IEEE Transactions on Electron Devices, V. ED-28. 1981. No. 5. May.
4. Yoshio Homma, Akio Yajima, Seiki Harado. Feature Size Limit of Liftoff Metallization Technology// Ibid. V. ED-29. 1982. No. 4, April.

Explosive method of fabricating the metallization systems

V. M. Akimov, E. A. Klimanov, V. P. Liseykin, A. R. Mikertumyants, M. B. Sednev,
V. V. Sergeev, I. A. Shelobdin

Orion Research-and-Production Association, 46/2 Enthusiast road, Moscow, 111123, Russia
E-mail: orion@orion-ir.ru

Fabricating the systems and the microcontacts of highly-integrated chips has been obtained by an explosive method.

PACS: 85.40.LS

Keywords: systems, metallization, forming, current-carrying systems, highly-integrated chip.

Bibliography — 4 references.

Received 19 November 2009