

4. Hammond M.L., Silicon Epitaxy by Chemical Vapor Deposition *in* Handbook of Thin Film Deposition Processes and Techniques / Ed. by K. Seshan. – Noyes Publications; 2 edition, 2001. – 430 p.

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ ЗНАКОВ СОВМЕЩЕНИЯ НА ИХ «ЧИТАЕМОСТЬ» ПОСЛЕ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО НАРАЩИВАНИЯ КРЕМНИЯ

**О. Ю. Наливайко¹, Н. А. Бахматова¹, Н. С. Ковальчук¹,
А. С. Турцевич², А. К. Ратино¹**

¹⁾ *ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,
ул. Казинца И.П., 121А, Минск, Беларусь, e-mail: onalivaiko@integral.by*

²⁾ *Министерство Промышленности РБ, пр. Партизанский, 2/4, 2200033 Минск, Беларусь*

Установлено, что структура знака совмещения установок проекционной литографии существенно влияет на его «читаемость» после эпитаксиального наращивания кремния. Показано, что «читаемость» знаков совмещения в виде светорассеивающих или светопоглощающих полос зависит от глубины лунок. В то же время, для обеспечения хорошего контраста и «читаемости» знаков совмещения необходимо увеличивать расстояние между полосами, по крайней мере, до 15 мкм. Для установок проекционной литографии с дифракционными знаками совмещения для обеспечения устойчивого «чтения» знаков совмещения также целесообразно увеличить расстояние между центрами полос до 15–20 мкм.

Ключевые слова: эпитаксиальные слои кремния; знаки совмещения; «читаемость».

THE INFLUENCE OF ALIGNMENT MARK STRUCTURE ON THEIR READABILITY AFTER EPITAXIAL GROWTH OF SILICON LAYERS

**O. Y. Nalivaiko¹, N. A. Bakhmatova¹, N. S. Kovalchuk¹,
A. S. Turtsevich², A. K. Ratino¹**

¹⁾ *JSC "INTEGRAL" – Holding Management Company 121 A, Kazintsa I.P. Str.,
Minsk, 220108, Belarus*

²⁾ *The Ministry of Industry of the Republic of Belarus, Partizansky av., 2/4, 2200033 Minsk, Belarus,
Corresponding author: O. Y. Nalivaiko (onalivaiko@integral.by)*

It was defined that the structure of alignment marks of projection lithography systems have an significant influence on their readability after epitaxial growth of silicon layers. It was shown that readability of alignment marks in form of light-diffusing or light-absorbing strips depends on the hole depth. At the same time, to provide the good contrast and readability it is necessary to increase the distance between hole strips at least up to 15 micron. For projection lithography systems with diffractive alignment marks it is also reasonable to increase the distance between hole strips up to 15–20 micron.

Key words: epitaxial silicon layers; alignment marks; readability.

ВВЕДЕНИЕ

При совмещении топологического рисунка после эпитаксиального наращивания кремния возникают трудности, связанные с искажением формы знаков совмещения, приводящего к снижению контраста. Это связано с разной скоростью эпитаксиального роста на разных гранях и дне лунки, имеющих различные ориентации поверхности [1, 2]. Величина искажения лунок знаков совмещения также зависит и от толщины эпитаксиального слоя. Значительное искажение формы и профиля лунок может привести к тому, что знаки совмещения будут полностью непригодными. Системы совмещения с темными полями обычно не могут работать через толстый эпитаксиальный слой, в то время как системы, основанные на распознавании рисунка, могут быть способны к совмещению через толстые пленки, но их точность и воспроизводимость совмещения являются сомнительными [1, 2]. Для обеспечения распознавания знаков совмещения на установке проекционной фотолитографии необходимо, чтобы знаки совмещения имели определенную форму на протяжении всего технологического маршрута изготовления ИС. Поэтому после эпитаксиального наращивания кремния проводится формирование новых меток.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния структуры знаков совмещения на их «читаемость» после эпитаксиального наращивания.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В качестве подложек использовались пластины монокристаллического кремния КДБ12 диаметром 150 мм с ориентацией (100). Формирование знаков совмещения проводили стандартными методами, которые применяются для конкретной установки проекционной литографии. Исследование проводилось на трех типах установок проекционной литографии:

1. установка ЭМ584АП – знак совмещения представляет собой от 7 до 11 темных (светорассеивающих или светопоглощающих) полос (две ветви по направлениям X и Y), которые изготавливаются в виде набора лунок получаемых с помощью анизотропного плазмохимического травления (АПХТ) (глубина лунки варьировалась от 0,5 до 2,2 мкм). Линейный размер лунок составляет 2,8 – 3,2 мкм, расстояние между лунками в ряду - 2,8 – 3,0 мкм, расстояние между центрами полос – 10 и 15 мкм (между полосами 7 и 12 мкм), длина полос – 2500 мкм, ширина ветви 125 мкм (на 11 полос).

2. установка ЭМ5084Э – знак совмещения представляет собой 11 дифракционных полос (две ветви по направлениям X и Y), которые изготавливаются в виде набора лунок, получаемых окислением кремния (глубина лунки составила 0,11 и 0,77 мкм). Лунки выполнены в виде квадратиков размером 5×5 мкм, расстояние между лунками в ряду – 5,0 мкм, расстояние между центрами полос – 10 и 15 мкм (между полосами 5 и 10 мкм), длина полос – 2500 мкм, ширина ветви 125 мкм.

3. установка NSR2205i8 (Nikon, Япония) – знак совмещения представляет собой 7 дифракционных полос (две ветви по направлениям X и Y), которые изготавливаются в виде набора лунок, получаемых с помощью АПХТ (глубина лунки – 0,37 мкм). Лунки выполнены в виде квадратиков размером 4×4 мкм, расстояние между лунками в ряду – 4,0 мкм, расстояние между центрами полос – 20 мкм (между полосами 16 мкм), длина полос – 125 мкм, ширина ветви 50 мкм.

Наращивание эпитаксиальных пленок кремния проводилось на установке PE3061D фирмы LPE (Италия) с использованием трихлорсилана при атмосферном давлении, температуре 1180 °С и скорости осаждения 0,4 мкм/мин. Толщина эпитаксиальных пленок кремния составляла 7,6–7,8 мкм, удельное сопротивление – 4,5 Ом·см.

Нанесение фоторезиста проводилось на установке DNS SKW-60B, ПХТ SiO₂ – на установке Rainbow 4500, АПХТ Si – на установке GIR-260. Окисление проводилось на установке Оксид-ЗПО.

Контроль «читаемости» знаков совмещения проводился на установках проекционной литографии по стандартному режиму (НЕМЕТАЛЛ) и по режиму с более низким уровнем сигнала (МЕТАЛЛ). Контроль внешнего вида знаков совмещения проводился при помощи растрового электронного микроскопа.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа «читаемости» знаков совмещения и их внешнего вида после эпитаксиального наращивания кремния представлены в таблице и на рисунках 1–3.

Таблица

Результаты анализа «читаемости» знаков совмещения

Установка литографии	Размер лунки, мкм	Расстояние между лунками, мкм	Расстояние между полосами, мкм	Глубина лунки, мкм	«Читаемость» без фоторезиста	«Читаемость» с фоторезистом
ЭМ584АП	2,8–3,2	2,8–3,0	7 и 12	2,2	читается	читается
				1,5	читается	нестабильно, по режиму МЕТАЛЛ читается
				1,0	читается только по режиму МЕТАЛЛ	читается только по режиму МЕТАЛЛ
				0,5		
ЭМ5084Э	5×5	5	5 и 10	0,77	читается	не читается
				0,11	не читается	не читается
NSR2205i8	4×4	4	16	0,37	читается	читается

На установке ЭМ584АП знаки совмещения с глубиной лунок 2,2 и 1,5 мкм без фоторезиста читаются по стандартному режиму, а знаки совмещения с глубиной лунок 1,0 и 0,5 мкм читаются только по режиму МЕТАЛЛ. После нанесения фоторезиста знаки совмещения с глубиной лунок 2,2 и 1,5 мкм по стандартному режиму читаются не стабильно, но читаются по режиму МЕТАЛЛ. Знаки совмещения с глубиной лунок 1,0 и 0,5 мкм читаются только по режиму МЕТАЛЛ.

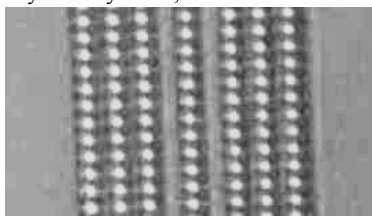
Из рис. 1 видно, что глубина лунок существенно влияет на внешний вид знаков после эпитаксиального наращивания кремния. Без фоторезиста поле между полосами с глубиной лунок 2,2 и 1,5 мкм имеет примерно однородный цвет, что обеспечивает необходимую для «чтения» форму сигнала. Для полос с глубиной лунок 1,0 и 0,5 мкм поле между полосами становится более темным, что оказывает влияние на форму сигнала от знаков совмещения. После нанесения фоторезиста поле между поло-

сами с глубиной лунок 2,2 и 1,5 мкм также имеет примерно однородный цвет, однако «читаемость» знаков совмещения ухудшается, что вероятно связано с ухудшением контраста из-за того, что при нанесении фоторезиста происходит частичная планаризация топологического рельефа. После нанесения фоторезиста вид знака совмещения с глубиной лунок 1,0 мкм существенно изменяется – между полосами с исходным зазором 15 мкм наблюдается светлое поле, а между полосами с исходным зазором 10 мкм светлого поля практически нет, т.е., три полосы практически сливаются в одну широкую полосу. Это приводит к изменению формы сигнала от знака совмещения и в результате он «не читается».

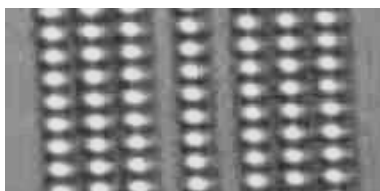
Таким образом, «читаемость» знаков совмещения на установке ЭМ584АП зависит от глубины лунок. В то же время, очевидно, что при исходном зазоре между полосами 10 мкм структура знака совмещения после эпитаксиального наращивания кремния и нанесения фоторезиста существенно изменяется. Для обеспечения хорошего контраста и «читаемости» знаков совмещения необходимо увеличивать исходное расстояние между полосами по крайней мере до 15 мкм.

Без фоторезиста

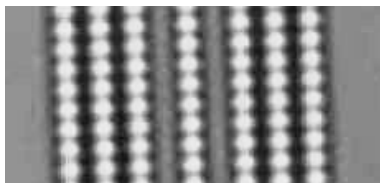
глубина лунки 2,2 мкм



глубина лунки 1,0 мкм



глубина лунки 0,5 мкм



С фоторезистом

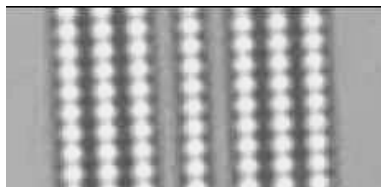
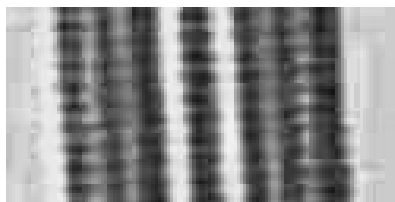
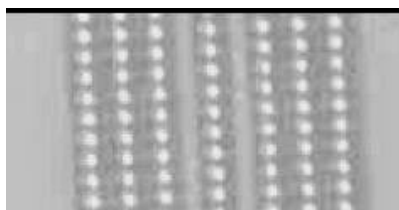


Рисунок 1. – Внешний вид знаков совмещения установки ЭМ584АП после эпитаксии

Без фоторезиста

глубина лунок 0,77 мкм



С фоторезистом

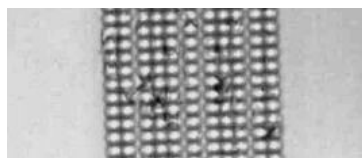
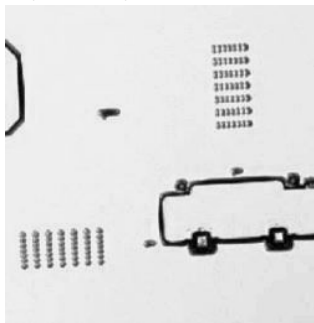


Рисунок 2. – Внешний вид знаков совмещения установки ЭМ5084 после эпитаксии

На установке ЭМ5084Э – при глубине лунок 0,11 мкм после эпитаксиального наращивания кремния знаки совмещения не были видны, что вероятно связано с размытием топологического рисунка. Знаки совмещения с глубиной лунок 0,77 мкм читаются по стандартному режиму. После нанесения фоторезиста знаки совмещения по стандартному режиму не читаются.

Без фоторезиста

глубина лунок 0,37 мкм



С фоторезистом

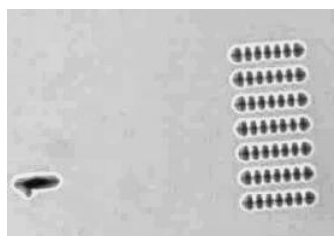


Рисунок 3. – Внешний вид знаков совмещения установки NSR2205i8 после эпитаксии

Из рис. 2 видно, что расстояние между полосами существенно уменьшилось, что связано с размытием топологического рисунка. Без фоторезиста поле между полосами имеет однородный цвет, что обеспечивает необходимую для «чтения» форму сигнала. После нанесения фоторезиста вид знака совмещения изменяется – между полосами с исходным зазором 15 мкм наблюдается светлое поле, а между полосами с исходным зазором 10 мкм поле темное. Это приводит к изменению контрастности и, как следствие, формы сигнала от знака совмещения и в результате он «не читается».

На установке NSR2205i8 знаки совмещения без фоторезиста и с фоторезистом читаются по стандартному режиму без отклонений. Из рисунка 3 видно, что полосы четкие, пространство между полосами лунок имеет однородный цвет и хороший контраст по отношению к полосам лунок.

Таким образом, наилучший результат по «читаемости» знаков совмещения установок проекционной литографии после эпитаксиального наращивания кремния получен на установках NSR2205i8, у которых расстояние между полосами лунок составляет 16 мкм (20 мкм между центрами полос). Следовательно, для установок ЭМ584АП и ЭМ5084Э для обеспечения устойчивого «чтения» знаков совмещения целесообразно увеличить расстояние между полосами лунок до 15–20 мкм (между центрами полос).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлено, что структура знака совмещения установок проекционной литографии существенно влияет на его «читаемость» после эпитаксиального наращивания кремния. Показано, что «читаемость» знаков совмещения в виде светорассеивающих или светопоглощающих полос зависит от глубины лунок. В то же время, для обеспечения хорошего контраста и «читаемости» знаков совмещения необходимо увеличивать расстояние между полосами лунок, по крайней мере, до 15 мкм. Для установок проекционной литографии с дифракционными знаками совмещения для обеспечения устойчивого «чтения» знаков совмещения также целесообразно увеличить расстояние между полосами лунок до 15–20 мкм (между центрами полос).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Емельянов, В.А. Эпитаксиальные слои кремния и германия для интегральных микросхем / В.А. Емельянов, А.С. Турцевич, О.Ю. Наливайко – Минск: Интегралполиграф, 2008. – 286 с.
2. Коробко, Ю.О. Особенности применения проекционной фотолитографии при производстве силовых биполярных интегральных микросхем / Ю.О. Коробко, А.П. Достанко, А.С. Турцевич // Доклады БГУИР. – 2004. – № 4. – С.79–83.

ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ СИЛИЦИДА ПЛАТИНЫ ПРИ БЫСТРОЙ ТЕРМООБРАБОТКЕ

В. А. Солодуха, В. А. Пилипенко, В. А. Горущко

*ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,
ул. Казинца И.П., 121А, Минск, Беларусь,
e-mail: VSaladukha@integral.by*

Обоснованы режимы формирования силицида платины с использованием быстрой термической обработки. Показано, что проведение твердофазного синтеза вплоть до 810 °С не вызывает в пластинах возникновения термических напряжений, превышающих предел текучести кремния, а для исключения влияния на данный процесс кислорода его необходимо проводить в среде азота.

Ключевые слова: силицид платины; термические напряжения; деформация; кремниевая пластина.

PECULIARITIES OF THE FORMATION MODES OF PLATINUM SILICIDE DURING THE RAPID THERMAL TREATMENT

V. A. Solodukha, V. A. Pilipenko, V. A. Gorushko

*JSC "INTEGRAL" – Holding Management Company 121 A, Kazintsa I.P. Str.,
Minsk, 220108, Belarus
Corresponding author: V. A. Solodukha (VSaladukha@integral.by)*

There were substantiated the formation modes of platinum silicide with application of the rapid thermal treatment. It was shown, that performance of the solid phase synthesis