

Лист технической информации

Позитивные электронные резисты AR-P 6200 (CSAR 62)

Электронные резисты AR-P 6200 с максимальным разрешением

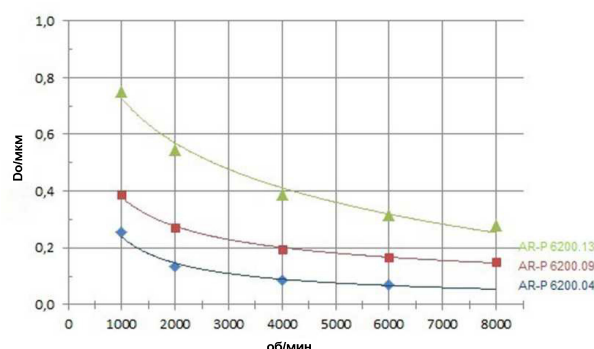


Электронные резисты с высоким контрастом для производства интегральных схем и шаблонов

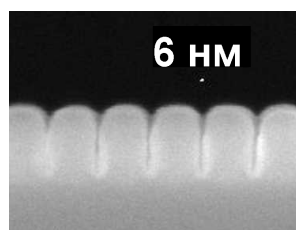
Характеристики

- для электронно-лучевой литографии
- высокая чувствительность с возможностью регулировки проявителем
- максимальное разрешение (< 10 нм) и очень высокий контраст
- высокая технологическая стабильность, высокая стойкость к плазменному травлению
- простое получение структур для взрывной литографии
- поли(α-метилстирол-со-α-хлоракрилат метиловый эфир) и усилитель чувствительности
- более безопасный растворитель (анизол)

Кривая нанесения



Разрешение



AR-P 6200.04
Разрешение до 6 нм при
толщине пленки 80 нм

Технологические параметры

Подложка	Пластина Si 4"
Сушка	95 °C, 90 с, горячая плита
Экспонирование	Степпер для i-линии (NA: 0,65)
Проявление	AR 300-47, 1:1, 60 с, 22 °C

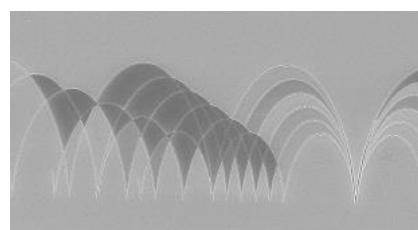
Свойства I

Параметр / AR-P	6200,13	6200,09	6200,04
Сухой остаток (%)	13	9	4
Вязкость 25 °C (мПа•с)	11	6	2
Толщина пленки / 4000 об/мин (мкм)	0,40	0,20	0,08
Максимальное разрешение (нм)	6		
Контраст	14		
Температура вспышки (°C)	43		
Хранение в течение 6 месяцев (°C)	8-12		

Свойства II

Температура стеклования (°C)	148	
Диэлектрическая постоянная	2,8	
Коэффициенты Коши	N ₀	1,543
	N ₁	71,4
	N ₂	0
Скорость плазменного травления (нм/мин) (5 Па, смещение 240-250 В)	Распыление	10
	Ar	
	O ₂	180
	CF ₄	45
	80 CF ₄ + 16 O ₂	99

Структуры резиста



AR-P 6200.09
Структуры 25 нм при толщине пленки 180 нм, иллюстрация

Сопутствующая химия

Активатор адгезии	AR 300-80
Проявитель	AR 600-546, 600-549
Разбавитель	AR 600-02
Стоппер	AR 600-60
Сниматель	AR 600-71, 300-76



ООО «Остек-Интегра»

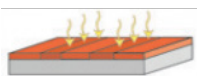
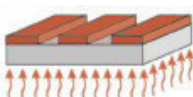
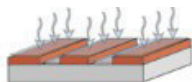
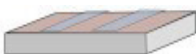
Оснащение технологическими материалами

121467, Россия, Москва, Партизанская 25, этаж 4, помещение I, комнаты 8, 8А, 8Б, 9, 9А, 9Б, 9В, 10-20, 33
+7 (495) 788-44-44 | ostec-materials.ru | materials@ostec-group.ru

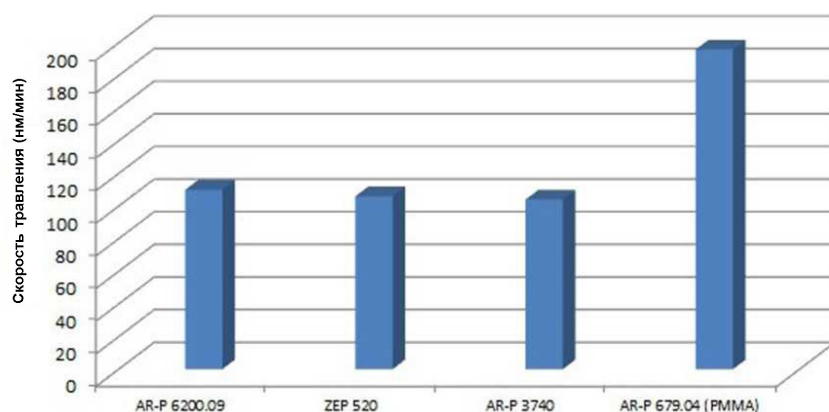


Рекомендации по применению

На графике представлен пример технологических этапов для резистов AR-P 6200. Все спецификации приводятся в справочных целях и подлежат адаптации к конкретным условиям эксплуатации. Более подробно об обработке см. в документе «Подробные инструкции для оптимальной обработки резистов для электронной литографии». Рекомендации по обработке сточных вод и общие меры предосторожности см. в документе «Общая информация о резистах для электронной литографии Allresist».

Нанесение		AR-P 6200,09 4000 об/мин, 60 с, 0,2 мкм
Сушка ($\pm 1^\circ\text{C}$)		150 °C, 1 мин, горячая плита; или 150 °C, 30 мин, конвекционная печь
Электронно-лучевое экспонирование		Raith Pioneer, 30 кВ Доза экспонирования (E_0): 65 мКл/см ²
Проявление (21-23 $\pm$ 0,5 °C) лужа		AR 600-546 1 мин
Остановка / Ополаскивание		AR 600-60, 30 с / ДИВ, 30 с
Термообработка после проявления (опция)		130 °C, 1 мин, горячая плита; или 130 °C, 25 мин, конвекционная печь для слегка повышенной устойчивости к плазменному травлению
Технологические процессы заказчика		Генерация полупроводниковых свойств
Снятие		AR 600-71 или O ₂ , плазменное травление

Стойкость к плазменному травлению



CSAR 62 отличается высокой стойкостью к плазменному травлению. На графике значения скорости плазменного травления AR-P 6200.09 сравниваются со значениями AR-P 3740 (фоторезист), AR-P 679.04 (резист ПММА) и ZEP 520 в плазме CF₄ + O₂.





AR-P 6200 (CSAR 62)

Инструкции по обработке

Электронно-лучевое экспонирование: Требуемая доза электронно-лучевого экспонирования для структурной визуализации в основном зависит от желаемого минимального размера структуры, проявителя, ускоряющего напряжения (1-100 кВ) и толщины пленки.

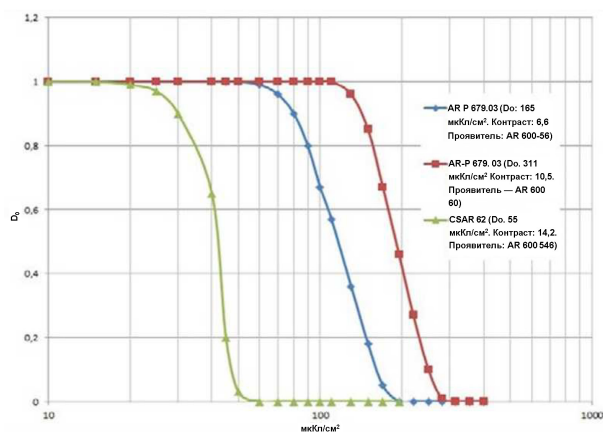
Доза экспонирования для AR-P 6200.09 в данном эксперименте (сравнение графиков CSAR 62 и ПММА) составляла 55 мКл/см² (доза для очистки D0, 30 кВ, слой 170 нм, проявитель AR 600-546, пластина Si). Контраст в данном случае определен как 14,2.

Таким образом, CSAR 62 демонстрирует в 3 раза более высокую чувствительность по сравнению со стандартным резистом из ПММА AR-P 679.03 (проявленным в AR 600-56) или в 6 раз более высокую чувствительность при проявлении в AR 600-60.

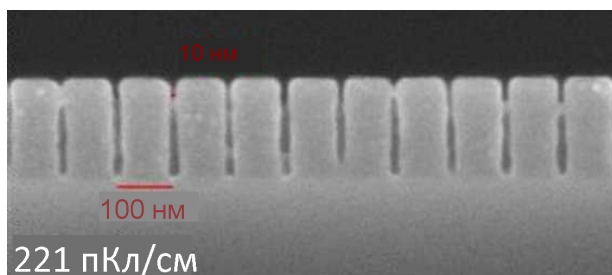
Кроме того, контраст увеличился в 2 и 1,4 раза соответственно.

Дополнительное повышение чувствительности за счет добавления повышающих чувствительность компонентов происходит уже во время экспонирования. Поэтому сушка после проявления не требуется.

Для изготовления линий 10 нм (пленка 174 нм, шаг 100 н) с помощью AR 6200.09 требуется доза прил. 220 пКл/см (30 кВ, проявитель AR 600-546)



Сравнение D0 и контраста CSAR 62 и ПММА



Максимальное разрешение CSAR 62 10 нм (180 нм)

Проявление: Для проявления экспонированных резистивных пленок рекомендуются проявители AR 600-546, 600-548 и 600-549. Более слабый проявитель AR 600-546 обеспечивает более широкое технологическое окно. При использовании более сильного проявителя AR 600-548 можно увеличить чувствительность в 6 раз до < 10 мКл/см². Промежуточный проявитель AR 600-549 повышает чувствительность CSAR 62 вдвое по сравнению с AR 600-546; кроме того, он не демонстрирует темновую эрозию и имеет контраст 4.

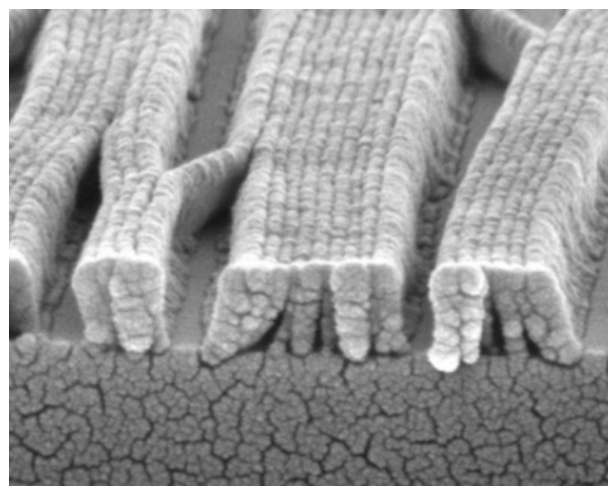
Для проявления в ванне обычно рекомендуется время проявления 30-60 секунд. При использовании проявителя AR 600-546 даже через 10 минут при комнатной температуре эрозия неэкспонированных участков не обнаруживается.

Проявитель AR 600-548, напротив, явно разъедает поверхности резиста уже через две минуты. Тем не менее, при проявлении при температуре прил. 0 °C темновая эрозия не обнаруживается даже через 5 минут (что, впрочем, влечет за собой снижение чувствительности).

Процедуру проявления следует быстро остановить. Для этого подложку перемещают на 30 секунд в стоппер AR 600-60. После этого подложку можно промыть в течение 30 секунд деионизированной водой для удаления остатков растворителя (необязательный этап).

Примечание: Следует учитывать, что жесткие процедуры промывания могут привести к разрушению мелких структур (см. рис. ниже).

Сушка после проявления для специальных рабочих этапов при макс. 130 °C приводит к незначительному повышению стойкости к травлению во время влажных химических и плазмохимических процессов.



Опасность разрушения линий после слишком агрессивной промывки



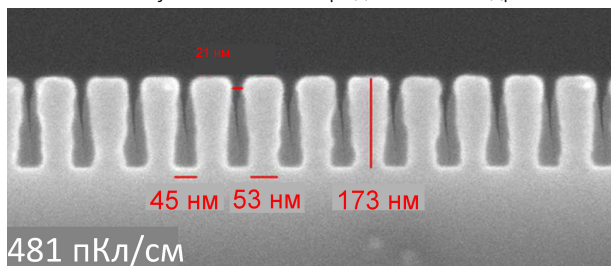


AR-P 6200 (CSAR 62)

Инструкции по обработке

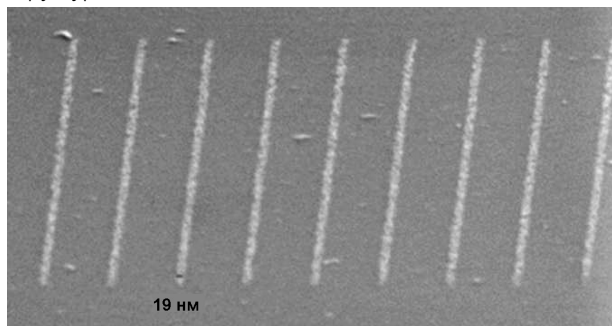
Структуры взрывной литографии:

Резист CSAR 62 отлично подходит для создания структур взрывной литографии с разрешением до 10 нм. При увеличении дозы в 1,5-2 раза из AR-P 6200.09 можно изготавливать узкие линии с определенным подрезом.

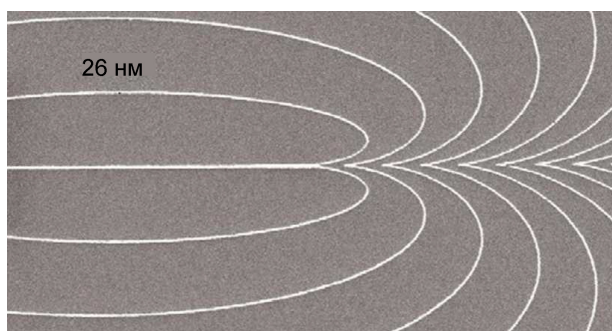


Структуры с подрезом, полученные при увеличении дозы экспонирования

После осаждения металла из паровой фазы и последующей взрывной литографии металлические структуры остаются



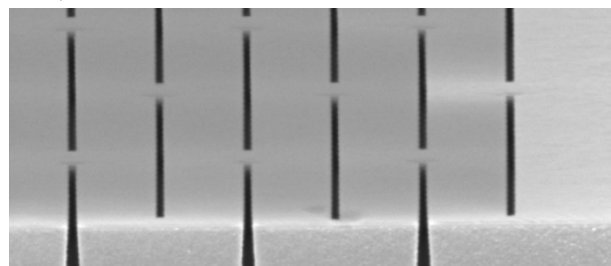
Металлические линии 19 нм после процесса взрывной литографии с помощью AR-P 6200.09



Тестовые структуры CrAu с шириной линии 26 нм

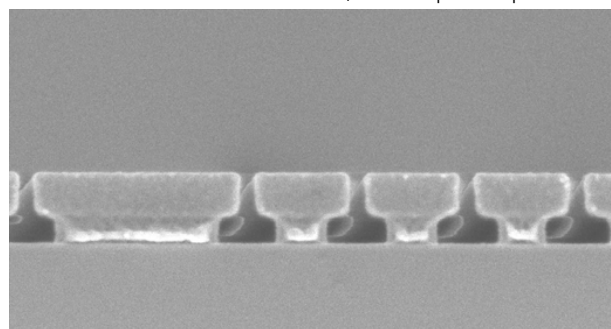
Высокие слои для специальных сфер применения:

С помощью AR-P 6200.13 можно получить пленки толщиной до 800 нм; более того, экспериментальный образец SX AR-P 6200/10 позволяет получить даже пленки толщиной 1,5 мкм.



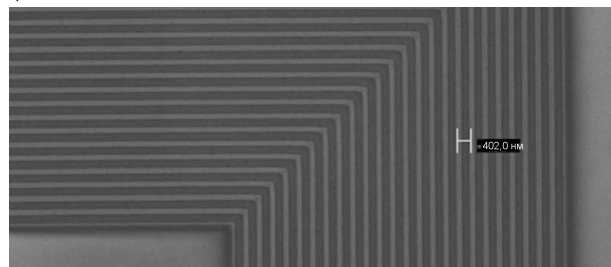
AR-P 6200.13: Линии 100 нм в слое толщиной 830 нм

CSAR 62 также применяют в различных двухслойных системах в качестве как нижнего, так и верхнего резиста.



AR-P 6200.09 в качестве верхнего резиста для экстремальной взрывной литографии

Еще одна область применения CSAR 62 – производство фотошаблонов



При толщине пленки 380 нм на хромированном шаблоне с помощью AR-P 6200.13 можно получить линии и зазоры шириной 100 нм. Чувствительность составляет 12 мКл/см² (20 кВ, AR 600-548).



ООО «Остек-Интегра»

Оснащение технологическими материалами

121467, Россия, Москва, Партизанская 25, этаж 4, помещение I, комнаты 8, 8А, 8Б, 9, 9А, 9Б, 9В, 10-20, 33
+7 (495) 788-44-44 | ostec-materials.ru | materials@ostec-group.ru



AR-P 6200 (CSAR 62)

Примеры применения CSAR 62

В будущем с помощью CSAR 62 можно будет производить схемы для диапазона 5 ГГц, которые в основном требуются для беспроводных технологий Bluetooth или Wi-Fi. Электронно-лучевая литография также применяется в сфере исследования наноматериалов, таких как графен, для трехмерных интегральных схем, а также оптических и квантовых компьютеров. В каждой из этих технологий постоянно отмечается рост вычислительной мощности или плотность элементов памяти. Самые высокие требования к вычислительной мощности (суперкомпьютеры) предъявляются, например, в вычислительной гидродинамике или в космических отраслях, а потому здесь также требуются микрочипы с максимальной плотностью интеграции.

CSAR 62 на заготовках шаблонов

Специалисты HHI Berlin провели испытания CSAR 62 на заготовках шаблонов (рис. 1). Они сразу же достигли разрешения 50 нм, что является отличным показателем для шаблонов. В настоящее время на шаблонах используются линии 100 нм и более. Сейчас они выполняют тестовое покрытие заготовок шаблонов CSAR 62; в ближайшее время заказчикам будут предложены образцы.

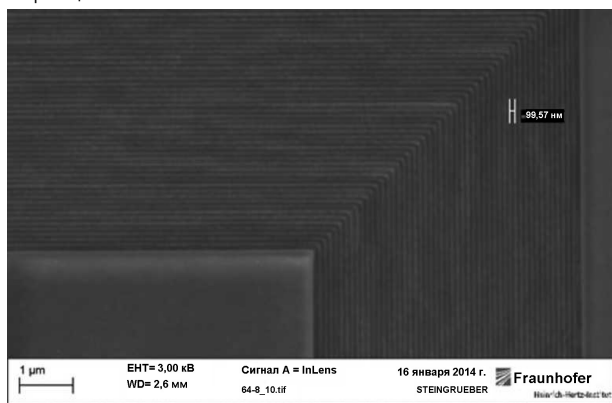


Рис. 1 Тестовая структура CSAR 62 на заготовке шаблона с линиями 50 нм и канавками 50 нм, шагом и пробелом 99,57 нм

Изготовление плазмонных наноматериалов

Рабочая группа по квантовому детектированию уже много лет успешно реализует электронно-лучевые проекты для наноструктурирования. Именно эта группа отметила высокую технологическую стабильность CSAR 62 по сравнению с ZEP 520 (рис. 2). CSAR 62 может уравнивать небольшие технологические колебания и при этом обеспечивать нужное высокое разрешение. Кроме того, новый продукт Allresist показал в 1,5 раза более высокие значения контраста в сравнении с ZEP при сравнительных измерениях.

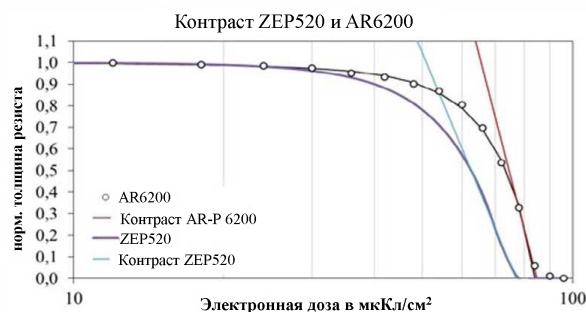


Рис. 2 Кривые контраста AR-P 6200 и ZEP 520, 50 кВ, подложка: Si; ZEP 520, толщина пленки 220 нм, 60 с ZED N-50, контраст 6; AR-P 6200, толщина пленки 260 нм, 60 с AR 600-546, контраст 9

CSAR 62 для литографии с максимальным разрешением

В рабочей группе по наноструктурированным материалам CSAR 62 в основном используется во взрывной литографии с максимальным разрешением и в качестве шаблона для процессов сухого химического травления. Новый резист отличается рядом особых преимуществ. Он обеспечивает высокое разрешение ПММА при намного более низкой дозе, что благоприятно по следующей причине: CSAR 62, однако, уравнивает этот эффект благодаря более высокой чувствительности и в сочетании с более благоприятной кривой контраста позволяет получить небольшие подрезы даже в тонких слоях. Таким образом получают равномерную взрывную литографию в диапазоне менее 100 нм.



Рис. 3 Структуры из хрома с линиями 20 нм после взрывной литографии

Однако цель взрывной литографии металлических структур не всегда заключается в том, чтобы выйти за пределы разрешения. Типичные сферы применения, например при соединении нанопроволоки, скорее, требуют размеров в диапазоне 30-50 нм, которые также можно получить с помощью других резистов. Тем не менее, «запас разрешения» CSAR 62 позволяет значительно увеличить точность структуры и ускорить проектирование с меньшим количеством итераций:



Рис. 4 Типичная структура для соединения нанопроволоки. Крупные участки перемежаются с мелкими деталями





AR-P 6200 (CSAR 62)

Примеры использования CSAR 62

При сухом химическом травлении, например при структурировании нитрида кремния, CSAR объединяет лучшее из двух миров: он не только выступает в качестве позитивного резиста высокого разрешения, аналогичного ПММА, но и обеспечивает сопоставимую с новолачными смолами стабильность. Это упрощает производство шаблонов с острыми кромками, обеспечивающих требуемую стойкость к травлению без часто встречающихся в других случаях мешающих фасетных кромок. Дополнительно оценивали новый вариант CSAR 62 с чрезвычайно высокой толщиной слоя (1 мкм). Толстый слой позволяет получить прочный подрез с использованием всего одного слоя, что идеально подходит для взрывной литографии (рис. 5). Процесс разработан для больших участков поверхности в микрометровом диапазоне, однако необходимо точное определение таких участков, поскольку выраженный подрез (как видно на рисунках) ограничивает минимальное расстояние между различными структурами.

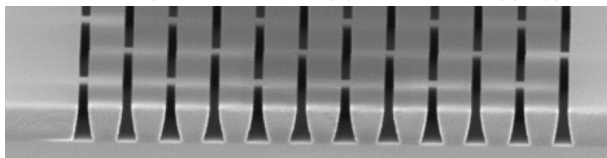


Рис. 5 CSAR повышенной толщины с выраженным подтравом для применения в экстремальных условиях взрывной литографии

Сравнение CSAR 62 и ZEP 520A

Ведущий производитель электронно-лучевых устройств провел сравнение CSAR 62 и ZEP 520A. С использованием текущей системы электронного луча SB 250 выполнили три сравнительных исследования CSAR 62 (AR-P 6200.09) и ZEP 520A, в которых основное внимание было уделено параметрам структурного разрешения, контраста и чувствительности в соответствующих нативных проявителях:

1. Структурное разрешение: Сравнение линий 90 нм обоих резистов (рис. 6 и 7) в центре кремниевой пластины с толщиной пленки 200 нм показывает, что и CSAR, и ZEP характеризуются отличным структурным разрешением (ширина канавки 91 нм, шаг 202 нм) и сопоставимыми широкими технологическими окнами:

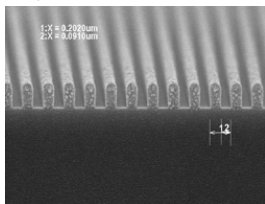


Рис. 6 ZEP 520A, 200 нм, ZED N50, 50 кВ, 80 мкКл/см²

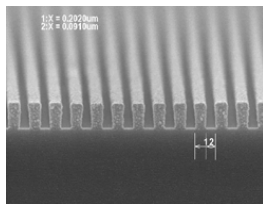


Рис. 7 AR-P 6200.09, 200 нм, AR 600-546, 50 кВ, 85 мкКл/см²

2. Контраст: На графике (рис. 8) показано сравнение значений контраста: ZEP 520 в соответствующем проявителе ZED-N50 и CSAR в проявителях AR 600-546 и 600-549.

Несмотря на то что системы ZEP-ZED-N50 и CSAR-AR 600-549 обеспечивают практически равноценные хорошие значения контраста, контраст CSAR в проявителе AR 600-546 (специально оптимизированном для этой цели) почти в два раза выше. Таким образом, эта система идеально подходит для сфер применения с высоким разрешением:

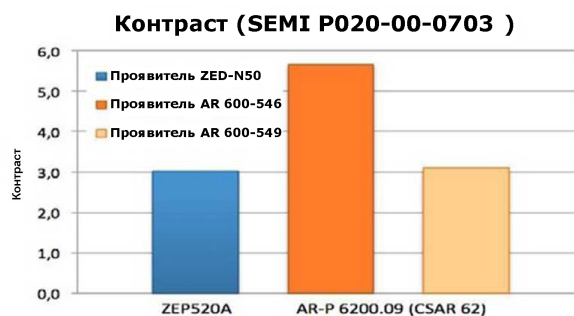


Рис. 8 Контраст ZEP 520A, 200 нм, ZED N50 и AR-P 6200.09, 200 нм, AR 600-546 и AR 600-549

3. Чувствительность (доза для очистки): На графике (рис. 9) показан хороший диапазон требуемой дозы обоих резистов. Однако и в этом случае система «резист-проявитель» CSAR с AR 600-546 в два раза более чувствительна по сравнению с системой «резист-проявитель» ZEP:

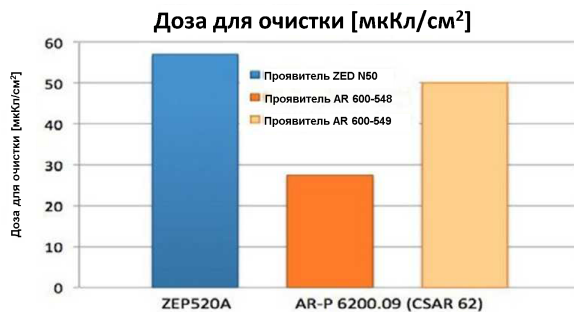


Рис. 9 Чувствительность ZEP 520 A, 200 нм, ZED-N50 и AR-P 6200.09, 200 нм, AR 600-548 и 600-549

По результатам всех трех исследований был сделан вывод о том, что и ZEP 520A, и CSAR 62 обладают весьма хорошими свойствами. Таким образом, CSAR 62 представляет собой привлекательную альтернативу, поскольку демонстрирует еще более благоприятные параметры. Преимущества CSAR 62 также обусловлены множеством предлагаемых Allresist проявителей, в частности AR 600-546, 600-548 и 600-549.

Позитивные электронные резисты AR-P 6200 (CSAR 62)



ООО «Остек-Интегра»

Оснащение технологическими материалами

121467, Россия, Москва, Партизанская 25, этаж 4, помещения I, комнаты 8, 8А, 8Б, 9, 9А, 9Б, 9В, 10-20, 33
+7 (495) 788-44-44 | ostec-materials.ru | materials@ostec-group.ru