

УДК 621.382(075.8)

НЕГАТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОНОРЕЗИСТ SAN ДЛЯ НАНОЛИТОГРАФИИ

К. т. н. В. В. Денискин, М. О. Рапидов

ФГУП «НИИФП им. Ф. В. Лукина»

Россия, г. Москва

deniskin@niifp.ru

Методом электронно-лучевой нанолитографии были сформированы структуры наноразмерного масштаба для мемристорных ячеек. Исследованы некоторые негативные и позитивные электронорезисты. Результаты представляют интерес для разработки и производства наноэлектронных приборов.

Ключевые слова: электронорезист, нанолитография, мемристор, КМОП СБИС.

В настоящее время для изготовления различных изделий наноэлектроники (например, мемристоров, МОП-транзисторов и др.) используется электронно-лучевая литография, при которой электронный луч формирует рисунок топологии очередного в слое электронорезиста (Э/Р), нанесенного на поверхность кремниевой пластины. Для обеспечения результата важное значение имеет выбор Э/Р. Должны соблюдаться требования по тональности Э/Р, разрешающей способности, чувствительности, стабильности характеристик. Однако зачастую качество предлагаемых на рынке Э/Р по комплексу свойств не полностью соответствует требованиям для решения стоящих задач.

Негативный Э/Р SAN разработан в дополнение к существующим, преимущественно для внутреннего применения на нашем предприятии, на основе сополимеров стирола, в настоящее время изготавливается по лабораторной технологии. Этот материал отличается высокой доступностью, стабильностью, простотой обработки, совместимостью со всеми процессами МОП-технологии. На сегодня достигнута предельная разрешающая способность имеющихся на предприятии электронно-лучевых литографов. С целью перехода на новое оборудование было проведено исследование характеристик Э/Р SAN, результаты которого представлены в настоящей работе.

В ходе работы решались следующие задачи: исследовалось влияние характеристик Э/Р SAN на требуемые дозы электронного излучения, на стойкость функциональных слоев в процессах травления; оптимизировался процесс нанесения Э/Р SAN на кремниевые пластины. Основные технологические параметры процесса с Э/Р SAN представлены в таблице.

Параметры процесса	Значение параметра	Примечание
Концентрация пленкообразующего компонента, %	2	SAN-2
	3	SAN-3
	5	SAN-5
Разбавитель	метилцеллозольвацетат	
Толщина слоя, нм	50 — 700	
Проявитель	SAN-D	
Споласкиватель	пропанол-2	для высокого разрешения
Сниматель	метилцеллозольвацетат	для удаления неэкспонированного слоя
	O ₂ плазма	
Промотор адгезии	гексаметилсилазан	20% раствор в толуоле

Технологический процесс формирования рисунка в слое Э/Р SAN происходит в несколько этапов: нанесение, время – 30 с (скорость нанесения определяется по кривой нанесения); предварительная сушка – 100°C в течение 2 мин на горячей плите или сушка в термошкафу при 80–90°C в течение 20 мин; экспонирование, доза – 15–30 мкКл/см²; проявление в SAN-D в течение 10 с (спрей); промывка в пропанол-2 (12–20 с, спрей); сушка под азотом; зачистка и удаление остатков плазмой O₂.

В ходе работы определены зависимости толщины слоя SAN от скорости нанесения (рис. 1). Определено влияние дозы электронного излучения на толщину проявляемого слоя. Например, зависимость относительной толщины проявленного слоя SAN-5 от дозы при толщине исходного слоя 380 нм и ускоряющем напряжении 20 КВ показана на рис. 2.

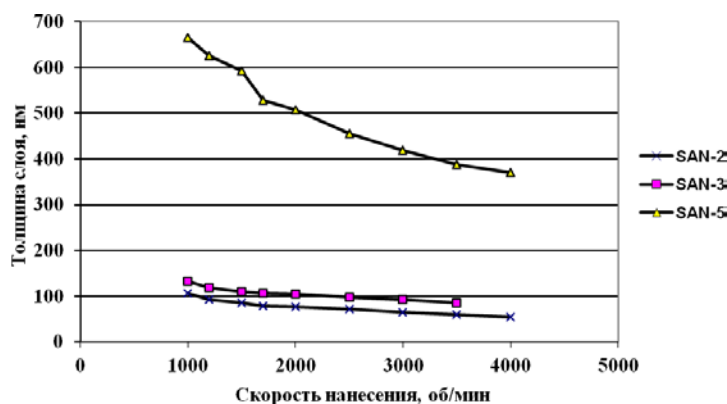


Рис. 1. Зависимость толщины слоя SAN от скорости нанесения для различных типов электронорезиста

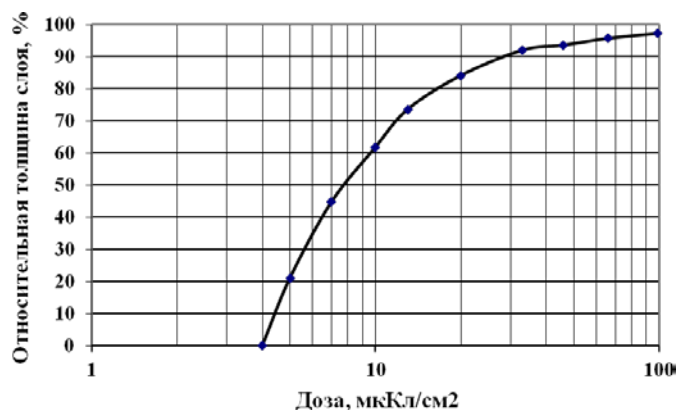


Рис. 2. Характеристическая кривая Э/Р SAN-5 (проявитель SAN-D, время проявления 10 с)

Э/Р SAN использовался при травлении слоев диэлектрика методом реактивно-ионного травления во фторсодержащей плазме (SF_6 ; CF_4+O_2) и при травлении платины методом ионно-лучевого травления. Установлено, что селективность травления платины по отношению к SAN составляет 3,75 (для сравнения: селективность к электронорезисту PMMA – 1,28), селективность травления диоксида кремния – 2,2 (PMMA – 1,0).

Применение для экспонирования электронно-лучевой установки типа Raith 150TWO позволило получить линии с минимальной шириной 20 нм. Благодаря комплексу положительных свойств – стабильности, независимости результата от времени между операциями, высокому разрешению и чувствительности, высокой стойкости в процессах ионно-лучевого и ионно-химического травления – электронорезист SAN представляет интерес в технологии изготовления изделий нанoeлектроники.

V. V. Deniskin, M. O. Rapidov

The negative electron-resist SAN for nanolithography.

Nanostructures for memristor cells have been formed by means of high-resolution electron beam lithography. Several E-Beam resists have been studied. The results are of interest for the design and production of nanoelectronic devices.

Keywords: *E-Beam resists, nanolithography, memristor, CMOS VLSI.*