

Поиск простых и масштабируемых подходов к получению фотогенераторов кислоты - компонентов химически усиленных фоторезистов

Кузнецов И.Е., Кузнецова Н.А., Сидельцев М.Е., Малимоненко Н.В., Малков
Г.В., Аккуратов Александр Витальевич

Аннотация

Развитие электронной промышленности имеет стратегическое значение для обеспечения технологического суверенитета и безопасности России, особенно в условиях ограниченного импорта критически важной продукции. В связи с этим разработка новых материалов с использованием доступного и недорогого сырья простыми и легко масштабируемыми методами является одной из приоритетных и практически значимых задач. Большое внимание уделяется получению отечественных фоторезистов с химическим усилением для фотолитографии в глубоком ультрафиолете. Основными компонентами фоторезистов являются полимеры на основе метакриловых производных адамантана, норборнана и др., а также фотогенератор кислоты (ФГК).

При воздействии ультрафиолетового излучения через маску с заданным рисунком ФГК в пленке фоторезиста разлагается, выделяя сильную кислоту в небольшой концентрации. При прогреве кислота диффундирует и катализирует реакцию снятия защиты, во время которой отщепляется подвешенная группа, делая нерастворимый полимер растворимым в щелочном проявителе на стадии проявления. После стадии травления, отмывки и сушки фоторезист удаляется с получением элементов требуемых размеров. Таким образом, чувствительность фоторезиста к определенной длине волны света, количество кислоты и скорость ее диффузии будут во много определяться природой ФГК.

В ходе работы мы успешно решили задачи по разработке простых и масштабируемых методов получения сульфониевых и йодониевых

производных, являющихся перспективными ФГК для литографии с экспозицией лазерным излучением на длинах волн 193 нм и 248 нм.

В частности, предложен новый способ получения бис(4-третбутилфенил)йодоний трифлата и нонафлата, позволяющий значительно сократить затраты времени на синтез и повысить выход продуктов с 20% до 70-90% (Схема 1). Замена дорогостоящего растворителя – трифторуксусной кислоты на серную кислоту позволяет существенно уменьшить затраты на получение ФГК и сделать их более конкурентоспособными.

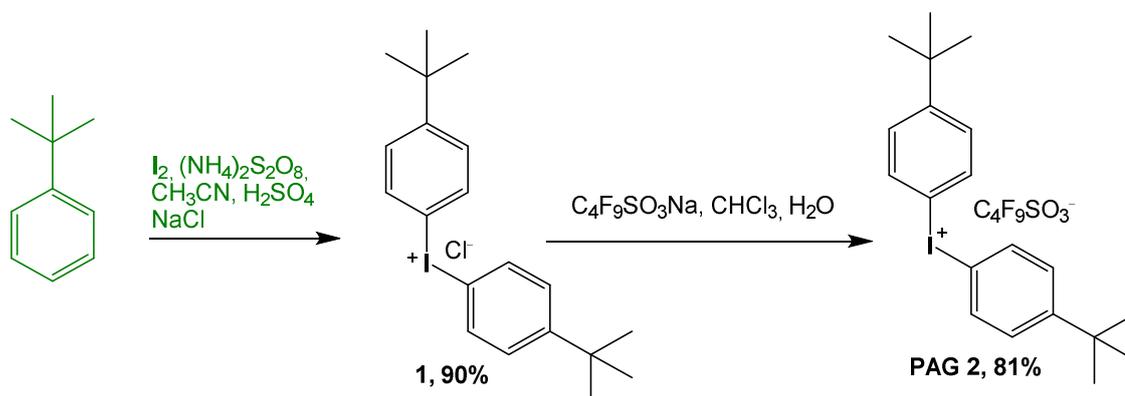


Схема 1. Оптимизированный путь к получению йодониевых фотосолей.

Полученные йодониевые фотосоли использованы для изготовления экспериментальной партии фоторезиста (ФР) 248 нм.

Также проведена оптимизация синтеза сульфониевых солей с полностью и частично симметричным катионом. Формирование симметричного триарилсульфониевого катиона проведено в одну стадию, в которой используются доступные и недорогие реагенты такие как хлорид алюминия, тионилхлорид и ароматический углеводород желаемого строения (Схема 2).

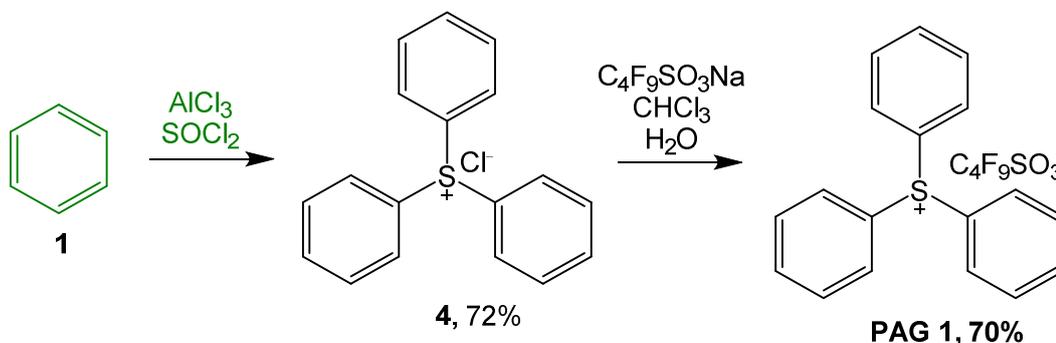


Схема 2. Оптимизированный путь к получению сульфониевых фотосолей.

Нонафлат-анион вводится реакцией обмена с натриевой солью перфторбутансульфокислоты. Найденные условия существенно упростят масштабирование синтеза сульфониевых ФГК в пилотных и далее в полупромышленных установках.

На данный момент проведены первичные испытания фоторезиста на производственных линиях АО «Микрон». На рисунке 1 представлены изображения линий масок, полученных фотолитографическим методом.

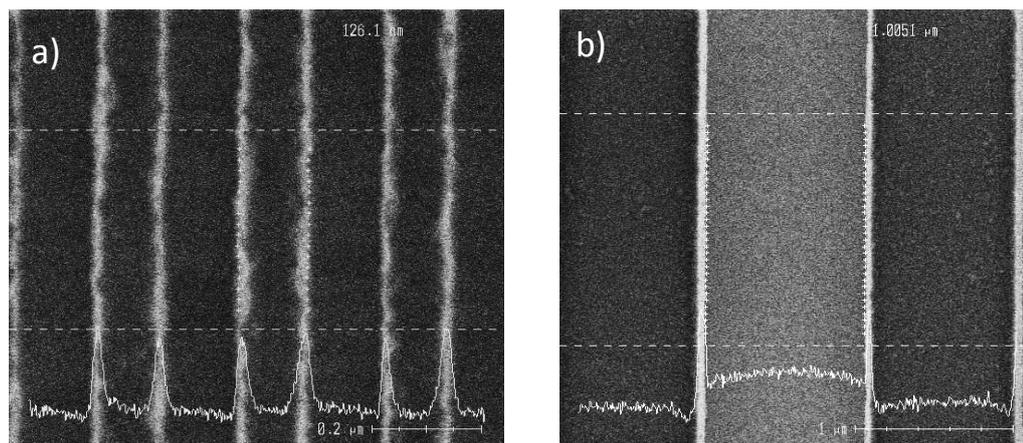


Рисунок 1. Линии маски шириной 127 нм (а). Деталь изготовлена с применением фоторезиста, чувствительного к рабочему излучению 193 нм. Линии маски с контролируемым размером 0,22 мкм (b), изготовленные с применением фоторезиста, чувствительного к рабочему излучению 248 нм.

Производителем отмечено высокое качество изделий, изготовленных фотолитографией 248 нм (KrF). В случае техпроцесса 193 нм линии образца остаются с повышенной шероховатостью.

Работа проводилась в рамках темкарты FFSG-2022-0004 (№ 122111700041-8)

Публикация: Н. А. Кузнецова, И. Е. Кузнецов, Н. В. Малимоненко, Т. А. Пугачёва, В. Г. Курбатов, А. В. Лолаева, М. Е. Сидельцев, Г. В. Малков, А. В. Аккуратов. Влияние трет-бутильных заместителей в катионе трифенилсульфония на спектральные свойства и фотохимическую активность фотогенераторов кислоты. Журнал прикладной химии, **2023**, в печати