DOI: 10.17117/na.2015.12.02.307

<http://ucom.ru/doc/na.2015.12.02.307.pdf>

Поступила (Received): 06.12.2015

Шолина И.С.
Полимеризация органических пленок
электронным лучом

Sholina I.S.
Polymerization of organic films by electron beam

Рассмотрена роль прямо-рассеянных и обратно отраженных электронов в процессах полимеризации и деструкции органических тонких пленок, нанесенных на подложку. Отмечается приоритетная роль обратно отраженных электронов. Обсуждаются результаты прямого натурного эксперимента по облучению свободных тонких пленок электронным лучом

Ключевые слова: тонкие пленки, электронный луч, полимеризация

The role of right and back-scattered and reflected electrons in the process of polymerization and destruction of organic thin films deposited on a substrate. Noted priority role of back reflected electrons. The results of direct field experiment on irradiation-free thin films of electron beam

Key words: thin films, electron beam, polymerization

Шолина Ирина Серафимовна

Ассистент

Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5

Sholina Irina Serafimovna

Assistant

Saint Petersburg electrotechnical university
Saint Petersburg, Prof. Popova st., 5

В микро- и нанотехнологии одним из основных процессов, формирующих топологию интегральных схем и определяющим разрешающую способность и максимально достижимые на данном уровне технологии параметры является процесс нанолитографии. Единственным реальным инструментом в подобной технологии является остросфокусированный наноразмерный пучок электронов [1-4]. Известны попытки использования процессов самоорганизации и самосборки для синтеза наноразмерных частиц и формирования на подложке сложно организованных структур [5-10], но они пока не выходят за рамки пионерских исследовательских работ и, следовательно, пока не имеют промышленной перспективы. Поэтому исследования процессов взаимодействия электронного луча с органическими композициями представляет реальный интерес для практической электронной литографии. Вклад затрат на литографические процессы при разрешении порядка одного микрона составляет примерно половину всей стоимости микросхемы, а выход в наноразмерную область в разы увеличивает стоимость литографических процессов. Выход годных на операции репродуцирования изображения при минимальном размере 0,1 мкм колеблется от 0,1 до 2-3%.

Сложность и многофакторность физических процессов, происходящих при взаимодействии ускоренных высокоэнергетичных электронов с тонкими пленками приводит к необходимости не только моделировать эти процессы, но и проводить натурные эксперименты по облучению тонких пленок на подложке. Нами производилось облучение расфокусированным пучком электронов с энергиями 5-30 кэВ и П-образным распределением плотности тока по сечению пучка свободной (без подложки) пленки на основе циклокаучука и свободной пленки на основе полиметилметакрилата. Пленки циклокаучука при этом полимеризуются, а полиметилметакрилата деструктируются. Свободные пленки получали методом цетрифугирования на предварительно оптически отполированных водорастворимых подложках. После нанесения пленки проходили сушку и двухступенчатую термообработку. После термообработки подложку растворяли, а образовавшуюся свободную пленку переносили на металлическую несущую сетку с размерами ячейки 30x30 мкм и ширине прямоугольного витка 9,0 мкм, которую в свою очередь располагали на подложке с отверстием (для исключения влияния отраженных непосредственно от подложки электронов. Сверху сетку с пленкой циклокаучука закрывали маской с отверстием, в котором была натянута проволока диаметром 9 мкм, игравшая роль затеняющей маски. Затем производили облучение электронным пучком, после чего пленку проявляли и исследовали. Свободную пленку полиметилметакрилата на сетке облучали линиями однократного сканирования в колонне растрового электронного микроскопа.

Эксперименты со свободной пленкой выявили, что при дозах облучения, превышающих пороговую, в процессе изменения структуры пленки (полимеризация циклокаучука и деструкция полиметилметакрилата) принимают участие как падающие электроны первичного пучка, так и электроны, отраженные от несущей сетки в слой пленки. Поглощение энергии падающих электронов П-образного пучка приводит к полимеризации пленки внутри ячеек несущей сетки. Под затеняющей маской пленка не полимеризуется, но ширина полученной линии изменяется в зависимости от того, где находится участок – над несущей сеткой или на свободной пленке. В центральной части витка сетки ширина линии минимальна и увеличивается в сторону границ несущей сетки. При проявлении линий однократного сканирования на полиметакрилате наблюдается обратная картина (поскольку имеет место процесс деструкции). Ширина линии в центральной части витка сетки максимальна и уменьшается в сторону границ несущей сетки. При этом наблюдается четкая корреляция между изменяющейся шириной линии и энергией облучающих электронов, что хорошо согласуется с представлениями о роли неупруго отраженных электронов, плотность потока которых максимальна в центре витка и минимальна у периферии.

Данные эксперимента позволили не только качественно оценить роль первичных и обратных электронов, но и дать возможность предварительной количественной оценки. Такая оценка влияния различных факторов на изменение структуры облучаемых пленок производилась путем исследования зависимостей ширины получаемых линий от энергии электронов падающего пучка, тол-

щины пленки и дозы облучения. При малых дозах облучения с увеличением времени экспонирования ширина линии изменяется незначительно, но при дозах, превышающих критическую, ширина линии резко уменьшается, что определяется влиянием обратных электронов. Под критической понимается доза облучения, соответствующая полимеризации или деструкции пленки на всю ее толщину [11].

Список используемых источников:

1. Бестаев М.В., ЖабреВ В.А., Марголин В.И., Арутюнянц А.А. Физико-химические и химико-технологические основы субмикронной технологии. Владикавказ: Изд-во СОГУ, 2009. 172 с.
2. Марголин В.И., Тупик В.А. Процессы прецизионной литографии в электронике. С. Петербург: гос. электротехн. ун-т "ЛЭТИ". СПб, 2001. 211 с.
3. ЖабреВ В.А., Мамыкин А.И., Марголин В.И., Потехин М.С., Тупик В.А. Возможность применения процессов ионно-электронной эмиссии в микро- и нанолитографии // Ориентированные фундаментальные исследования – федеральные целевые программы, наукоемкое производство. М.: Эксподизайн, 2007. С. 156-159.
4. Марголин В.И., Мамыкин А.И., Потехин М.С., Тупик В.А., Шелудько В.Н. Устройство электронной литографии. Патент РФ на полезную модель № 109327, приоритет от 8 апреля 2011 года, зарегистр. в Гос. реестре 10 окт. 2011.
5. Марголин В.И., Мамыкин А.И., Потехин М.С., Тупик В.А., Шелудько В.Н. Способ электронной литографии. Патент РФ на изобретение № 2462784, приоритет от 31 марта 2011 года, зарегистр. в Гос. реестре 27 сент. 2012.
6. Кузнецов Н.Т., Новоторцев В.М., ЖабреВ В.А., Марголин В.И. Основы Нанотехнологии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. 397 с.
7. ЖабреВ В.А., Калинин В.Т., Марголин В.И., Николаев А.И., Тупик В.А. Физико-химические процессы синтеза наноразмерных объектов. СПб.: Элмор, 2012. 328 с.
8. Zhabrev V.A., Margolin V.I. Some Questions in Fractal Nanotechnology // Inorganic Materials. 2008. Vol. 44. No 13. P. 65-82.
9. ЖабреВ В.А., Чуппина С.В., Марголин В.И. Самоорганизация как осознанный выбор направления химического процесса // Физика и химия стекла. 2008. Т. 34. № 6. С. 841-865.
10. ЖабреВ В.А., Мамыкин А.И., Марголин В.И., Потехин М.С., Тупик В.А. Разработка технологии производства элементов нанорадиоэлектроники на основе тлеющего разряда // Известия СПбГЭТУ "ЛЭТИ". 2009. № 5. С. 3-8.
11. ЖабреВ В.А., Марголин В.И., Чуппина С.В., Аммон Л.Ю. Роль наночастиц в химии наноразмерного состояния // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2009. № 12. С. 11-19.
12. ЖабреВ В.А., Марголин В.И., Чуппина С.В., Аммон Л.Ю. Факторы, определяющие состав и строение наночастицы // Нанотехнологии, Экология, Производство. 2010. № 1(3). С. 110-121.
13. Марголин В.И., ЖабреВ В.А., Тупик В.А. Физические основы микроэлектроники. М.: Академия, 2008. 400 с.