DOI: 10.17117/na.2016.06.02.185

<http://ucom.ru/doc/na.2016.06.02.185.pdf>

Поступила (Received): 24.06.2016

Шолина И.С., Герасимов Д.А.
О возможностях электронно-ионной
эмиссии в нанолитографии

Sholina I.S., Gerasimov D.A.
On the possibilities of electron-ion emission in nanolithography

Рассматривается возможность применения ионно-электронной эмиссии в высоковольтном тлеющем разряде для формирования изображения в нанолитографии и для влияния на процессы синтеза наноразмерных частиц на подложке
Ключевые слова: тонкие пленки, электронная нанолитография, наночастицы

The possibility of using ion-electron emission in a high-voltage glow discharge for image formation and in nanolithography processes for influencing the synthesis of nanoparticles on a substrate

Key words: thin films, electron lithography, nanoparticles

Шолина Ирина Серафимовна

Ассистент

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

Sholina Irina Serafimovna

Assistant

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

Герасимов Дмитрий Алексеевич

Студент

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

Gerasimov Dmitri Alexeyevich

Student

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

Необходимость разработки новых, перспективных методов групповой обработки в нанолитографии становится особенно важной в связи с практическим освоением нанометрового размера элементов электронной техники. Однако успешное внедрение в практику проекционной электронолитографии сдерживается рядом проблем, основные из которых это отсутствие надежного, прецизионного и долгоживущего катода – маски, фотокатодов на основе электронной фотоэмиссии и трудностей с реализацией прецизионного электроношаблона. Применение фотоэмиссии, инициируемой лазерным воздействием мало перспективно, хотя обеспечивает эмиссию электронов даже в том случае, когда энергия кванта электромагнитного излучения меньше работы выхода электрона, однако область выхода эмиттируемых электронов ограничивается пятном лазерного луча [1-4].

Поэтому представляется интересным использовать для эмиссии электронов явление высоковольтного газового разряда и сопутствующую ему ионно-

электронную эмиссию, но необходимо оценить их пригодность для электронолитографии с точки зрения производительности процесса экспонирования резиста и достижимого разрешения. Возможность транспортировки электронного потока через газоразрядный промежуток практически без рассеяния вполне реальна.

Принято различать два вида ионно-электронной эмиссии: кинетическую и потенциальную. Полный коэффициент ионно-электронной эмиссии может быть представлен в виде суммы соответствующих коэффициентов. При кинетической ионно-электронной эмиссии возбуждение электронов вещества происходит подобно тому, как это имеет место при вторичной электронной эмиссии, но с некоторыми отличиями, обусловленными особенностями торможения тяжелых частиц (ионов) в веществе и спецификой взаимодействия их с электронами вещества. Кинетический механизм ионно-электронной эмиссии имеет энергетический порог, ниже которого действие механизма прекращается. Пороговая энергия зависит от природы иона и материала мишени и составляет приблизительно 1-2 кэВ, а соответствующие пороговые скорости иона $10^4 - 10^5$ м/с. Для целей литографии интерес представляет только кинетическая составляющая ионно-электронной эмиссии. Подобная методика представляется перспективной для проекционной электронолитографии, применяющей широкий расфокусированный пучок электронов с П-образным распределением плотности тока по сечению пучка. Между катодом и вспомогательным электродом зажигается высоковольтный разряд, положительные ионы, образованные в разряде, пересекают границу области катодного падения напряжения, ускоряются в этой области и бомбардируют катод-маску, изготовленный из материалов с различным коэффициентом вторичной ионно-электронной эмиссии (КВИЭЭ). В результате различия КВИЭЭ для различных участков поверхности катода-маски электронный поток промодулирован по плотности, т.е. распределение плотности тока вторичных электронов в сечениях, параллельных поверхности катода, будет соответствовать заданной топологии. Чем больше различие в КВИЭЭ, тем больше будет контраст в засветке различных участков подложки [5-8].

Наиболее существенной характерной чертой высоковольтного тлеющего разряда является нерассеянная компонента электронов высоких энергий, которая может быть использована для переноса изображения в электронах. Проблема заключается в модуляции электронного потока по плотности тока в соответствии с графикой переносимого изображения, что может быть реализовано за счет различия в КВИЭЭ с разных участков катода в установке с высоковольтным тлеющим разрядом. Задача осложняется тем, что КВИЭЭ зависит от многих факторов: энергии, массы и заряда падающих ионов, причем при энергии ионов в пределах 5 – 30 кэВ, будет иметь место кинетическая ионно-электронная эмиссия [5-8].

Весьма интересным является сочетание методов электронно-ионной эмиссии с реализацией возможности самоорганизации, самоструктурирования и самокоррекции создаваемых на поверхности подложки наноразмерных структур. В этом случае возможности КВИЭЭ будут использоваться для инициации

процессов синтеза наноразмерных частиц на поверхности подложки за счет дополнительного подвода энергии со стороны электронного потока. Управляя характеристиками этих потоков, можно управлять процессом синтеза наноразмерных частиц [8-15].

Список используемых источников:

1. Кузнецов Н.Т., Новоторцев В.М., Жабров В.А., Марголин В.И. Основы Нанотехнологии. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2014. 397 с.
2. Марголин В.И., Жабров В.А., Тупик В.А. Физические основы микроэлектроники. М.: Академия, 2008. 400 с.
3. Жабров 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.
4. Грачев В.И., Жабров В.А., Марголин В.И., Тупик В.А. Основы синтеза наноразмерных частиц и пленок. Ижевск: Удмуртия, 2014. 480 с.
5. Жабров 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.
6. Жабров 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.
7. 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, зарегистрир. в Гос. реестре 10 окт. 2011 г.
8. 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, зарегистрир. в Гос. реестре 27 сент. 2012 г.
9. Zhabrev V.A., Margolin V.I. Some Questions in Fractal Nanotechnology // Inorganic Materials. 2008. Vol. 44. No 13. P. 65-82. Pleiades Publishing, Ltd, 2008.
10. Жабров 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.
11. Жабров 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. Жабров 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. Zhabrev V.A., Margolin V.I., Tupik V.A., Chu Trong Su Modeling Processes of Nanoparticle Synthesis and Analyzing the Results via SEM // Bulletin of the Russian Academy of Sciences, Physics. Vol. 79. No. 11. P. 1498-1500. 2015.
14. Zhabrev V.A., Margolin V.I., Tupik V.A., Chu Trong Su Simulating The Aggregation of Nanoparticles on a Substrate Surface upon Vacuum Deposition // Journal of Surface Investigation. X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. Vol. 9. No 5. 2015. P. 877-879.
15. Марголин В.И., Чу Чонг Шы. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015610052 Компьютерное моделирование процесса роста тонких пленок в потенциальном поле (Рост тонких пленок), дата гос. регистрации 12.01.2015 по заявке № 2014661296 от 05.11.2014.