

прыжки попереk пленки начинают подавляться и для пленок толщиной менее 35–30 нм возможны прыжки только вдоль пленки, т.е. наблюдается эффект, аналогичный классическому размерному эффекту. Для исследованных нами пленок такой переход уже четко проявляется при толщинах пленок в 3–4 раза больших средней длины прыжка.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] C o u d e r s P., C a t h e r i n e Y. // Thin Solid Films. 1987. V. 146. N 1. P. 93–107.
- [2] F a b i s i a k K., W i e s z o r e k J. // J. of Phys. D: Appl. Phys. 1988. V. 21. P. 995–998.
- [3] М о т т Н., Д э в и с Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. М.: Мир, 1982. 662 с.
- [4] R o b e r t s o n J., O' R e i l l y E. P. // Phys. Rev. 1988. V. B35. N 6. P. 2946–2957.
- [5] C o m e l l i G., S t o k r J., R o l i n s o n C. J., J a r k W. // Phys. Rev. 1988. V. B38. N 11. P. 7511–7519.

Поступило в Редакцию
30 ноября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 3

12 февраля 1990 г.

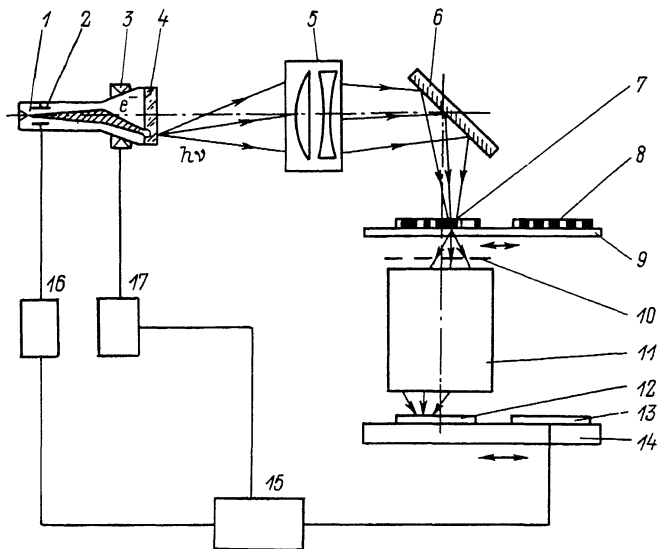
06.2; 12

© 1990

ЛАЗЕРНАЯ ЭЛТ С ЭКРАНОМ ИЗ *ZnO* В КАЧЕСТВЕ УФ ИСТОЧНИКА В УСТРОЙСТВАХ ПРОЕКЦИОННОГО ЭКСПОНИРОВАНИЯ

М.А. Каменский, В.И. Козловский,
Е.В. Марков

При промышленном изготовлении больших интегральных схем нанесение рисунка на полупроводниковую пластину в настоящее время осуществляется фотолитографически с помощью автоматических установок совмещения и мультипликации. Качество рисунка и производительность этих установок в значительной степени определяются возможностями УФ источника излучения, в качестве которого используется дуговой разряд в ртутных или ртутно-ксеноновых лампах мощностью до 1,5 кВт [1]. Их излучение собирается достаточно сложной конденсорной системой, фильтруется до выделения одной из основных линий (436, 404, 365 нм) и перемешивается с помощью микроастрового элемента для получения однородного освещения



Блок-схема устройства проекционного экспонирования.

фотошаблона. В результате мощность излучения не превышает 1 Вт, а однородность освещенности по полю экспонирования недостаточно высокая из-за угловой зависимости пропускания проекционной системы.

Использование в качестве УФ источника излучения более мощных эксимерных и аргоновых лазеров позволяет увеличить производительность установок по нанесению рисунка, а возможность получения более короткой длины волны в эксимерных лазерах и лазере на 4-й гармонике излучения граната с неодимом – уменьшить нижний предел разрешающей способности рисунка. Тем не менее и эти источники имеют ряд недостатков, связанных с их низкой эффективностью, конструктивной сложностью и, кроме того, при их использовании достижение однородной освещенности в поле полупроводниковой пластины остается сложной задачей.

В данной работе мы предлагаем в качестве УФ источника излучения использовать лазерную ЭЛТ с экраном из ZnO [2, 3]. Качество излучения такой ЭЛТ: длина волны 375 нм, ширина спектра 1.5 нм, полный угол расходимости 2φ , излучающая поверхность (круг диаметром 25 мм) не требует внесения новых элементов в конструкцию промышленных установок проекционного экспонирования. Существенно упрощаются конденсорная система, объектив, и нет необходимости применения фильтрующей системы и микрорастровых элементов. Достигнутая в настоящее время средняя мощность излучения 2.5–2.7 Вт с перспективой увеличения до 10 Вт позволя-

ет увеличить производительность этих установок в несколько раз. Но наиболее важным достоинством использования лазерной ЭЛТ является то, что появляется возможность выравнивать освещенность по полю экспонирования электронными средствами.

На рисунке представлена предлагаемая блок-схема устройства проекционного экспонирования с лазерной ЭЛТ в качестве УФ источника излучения. Электронный пучок (е) лазерной ЭЛТ (1), сканируемый по лазерному экрану (4) с помощью системы отклонения (3) под действием сигналов, поступающих с блока управления (17), преобразуется этим экраном в направленное УФ излучение ($h\nu$), которое конденсором (5) и поворотным зеркалом (6) направляется в рабочем цикле на фотошаблон (7), формируя на его поверхности пятно засветки, достаточно малое по сравнению с размерами полного поля засветки фотошаблона, чтобы можно было регулировать неоднородность засветки электронными средствами. Далее уменьшенное изображение засвеченного участка рабочего фотошаблона проекционным объективом (11) формируется на фотопластине (12). За время экспозиции (0,1–0,3 с) электронный пучок многократно пробегает поле излучения экрана ЭЛТ, что обеспечивает полную засветку фотошаблона и формирование его изображения на фотопластинке. Для выравнивания освещенности по полю экспонирования интенсивность электронного пучка изменяется модулятором (2) под действием сигналов коррекции, поступающих на модулятор через блок управления (16) из памяти блока поэлементной обработки сигнала датчика (15) и засинхронизированных с положением электронного пучка по полю излучения экрана ЭЛТ.

Сигналы коррекции вырабатываются в вспомогательном цикле, когда с помощью устройства перемещения фотошаблона (9) вместо фотошаблона (7) устанавливается контрольный фотошаблон (8) и путем перемещения координатного стола (14) вместо фотопластины устанавливается фотоприемник – датчик неравномерности освещенности (13). Сигнал освещенности каждого элемента поля экспонирования поступает в блок поэлементной обработки (15), где сравнивается с опорным, и разностный сигнал преобразуется в сигнал коррекции, который затем поступает в систему памяти блока поэлементной обработки сигнала.

В описанном устройстве выравнивание освещенности по полю экспонирования, вносимой конденсорной и проекционной системами, достигается даже в случае неоднородного излучения экрана ЭЛТ. Если эта неоднородность плавная и составляет не более 20–30% (по относительному отклонению интенсивности излучения от среднего значения), то плоскость изображения экрана (10) может совпадать с плоскостью фотошаблона. Если неоднородность излучения экрана ЭЛТ типа „выпадания” нескольких микроэлементов, случайно распределенных по полю излучения, то в этом случае плоскость изображения экрана ЭЛТ не следует совмещать с плоскостью фотошаблона, чтобы исключить резкую неоднородность облучения фотошаблона, при которой даже электронными средствами трудно добиться нужной однородности освещения фотопластины.

В заключение отметим, что использование лазерной ЭЛТ с длиной волны генерации 375 нм позволяет получить минимальную ширину линий 0,5–0,6 мкм. Дальнейшее уменьшение длины волны возможно при использовании вместо *ZnO* более широкозонных материалов с высокой эффективностью собственного излучения.

Авторы благодарят Э.С. Гуревич, Б.Н. Каськова и А.А. Шалапёнка за полезное обсуждение данной работы.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] M a y e r H.E., L o e b a c h E.W. // Optical Microlithography III. SPIE. 1984. V. 470. P. 178.
- [2] К о з л о в с к и й В.И. и др. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. С. 873.
- [3] К а м е н с к и й М.А. и др. // Труды ФИАН. 1990. Т. 202.

Поступило в Редакцию
3 декабря 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 3

12 февраля 1990 г.

01; 03; 05.1

© 1990

ОБРАЗОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ СТРУКТУР ПРИ ВЗРЫВЕ

А.П. Е р ш о в, А.Л. К у п е р ш т о х,
В.Н. К о л о м и й ч у к

При взрыве конденсированных взрывчатых веществ типично выделение свободного углерода. Химическая реакция может проходить в условиях стабильности алмаза; некоторые результаты по получению алмазной фазы описаны в [1, 2]. Отсюда понятен интерес к процессу роста частиц. Характерный размер единичного кристалла – около 40 Å [2, 3]. Из таких частиц образуются более крупные агрегаты. Разумно предположить возникновение фрактальной структуры.

В данной работе измерена фрактальная размерность кластеров в порошке ультрадисперсных взрывных алмазов. Введена двухступенчатая модель роста (атомы – компактные частицы – кластеры), качественно согласующаяся с экспериментом.

1. Эксперименты проводились методом малоуглового рентгеновского рассеяния в области углов $7' < 2 \cdot \theta < 7^\circ$ на длине волны $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$. На рис. 1 приведены результаты для двух образцов алмазного порошка, полученных в разных опытах. Интенсивности пересчитаны для исправления апертурного усреднения прибора.