

римым с их диаметром присутствие локальных областей не оказывает существенного влияния на скорость удаления материала.

Экспериментально установлено, что при групповой обработке полупроводниковых пластин уменьшение расстояния между кремниевыми пластинами приводит к снижению скорости плазмохимического удаления фоторезистивных маскирующих покрытий с их поверхности. Уменьшение расстояния между обрабатываемыми пластинами в характерных местах максимумов СВЧ мощности в плазменном объеме может приводить к уменьшению скорости удаления фоторезиста до двух раз, в локальных местах минимумов – до трех раз.

При расстоянии менее 50 – 60 мм между пластинами происходит значительное снижение скорости удаления фоторезиста, что может быть частично объяснено экранированием пластинами диаметром 100 мм области обработки, эффектом поглощения СВЧ энергии кремниевыми пластинами, обладающими высоким значением тангенса угла диэлектрических потерь, а также повышенной гибелью активных частиц на поверхности подложек.

УДК 621.7.09

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОГО ПОЛИРОВАНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ФОРМЫ ПОВЕРХНОСТИ ОБРАЗЦОВ ИЗ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА

Биткаша В.С.¹, Юрасова К.В.¹, Хомич Н.С.²

¹Унитарное предприятие «Полимаг», Минск, Республика Беларусь

²Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Введение

Технический прогресс отраслей промышленности и развитие науки требует непрерывного повышения точности форм и поверхностей деталей машин и приборов. Сегодня наиболее требовательны в этом отношении детали оптики и лазерной техники.

Поверхности оптических деталей представляют собой части сферы у линз и сферических зеркал или части плоскости у пластин, клиньев, призм и плоских зеркал. Такие поверхности могут иметь погрешности как по общей кривизне или плоскостности, так и по местным ошибкам. Допуски на эти погрешности задаются количеством интерференционных колец или полос, или их долей. Обычно на практике интерференционную картину принято называть «цветом».[1]

Форма рабочей поверхности оптической детали характеризуется точностью выполнения ее радиуса. Отклонение поверхностей оптических деталей от заданных радиусов и от правильной сферы проверяют пробным стеклом (эталоном), наложенным на нормируемую поверхность. Допуски на отклонения формы поверхности задают числом колец интерференции и обозначают символами N и ΔN . [1]

Полученные результаты необходимо учитывать при разработке конструкций систем загрузки полупроводниковых пластин в разрядную камеру СВЧ плазматрона, а также при оптимизации технологических процессов групповой СВЧ плазмохимической обработки.

Литература

1. Бордусов, С.В. Плазменные СВЧ технологии в производстве изделий электронной техники / Под ред. А.П. Достанко – Минск : Бестпринт, 2002. – 452 с.
2. Бордусов С.В. Особенности распределения СВЧ мощности в объеме резонаторной камеры СВЧ плазматрона / С.В. Бордусов, Ю.С. Шинкевич // Материалы XI МНТК «Современные средства связи» 25.09–29.09.2006 г., Нарочь, Республика Беларусь. – Минск : Бестпринт, 2006 – С. 36.
3. Бордусов, С.В. Конструктивные особенности установки и технологические процессы СВЧ-плазменной обработки материалов в условиях низкого вакуума / С.В. Бордусов // Материалы, технологии, инструменты. – 2001. – Т. 6, № 4. – С. 62–64.

Эти параметры характеризуют разность стрелок прогиба поверхности детали и эталона, выраженных числом интерференционных колец – N . Отступление радиуса контролируемой поверхности от заданного (эталоны) называют общей ошибкой формы поверхности. Величина N представляет собой нерегулярность формы в разных зонах. Её называют местной ошибкой формы поверхности. Допуск на местные ошибки более жесткий, т.к. они сильнее влияют на качество изображения, создаваемого оптической системой. [1]

Методика исследования

Партия образцов из оптического стекла $\varnothing 40 \times 10$ мм выбрана из номенклатуры изделий ОАО «Пеленг» (г. Минск) для изучения возможностей процесса магнитно-абразивного полирования (МАП) в отношении повышения точности формы и снижения численных значений параметров N и ΔN .

Сущность метода магнитно-абразивного полирования заключается в использовании в качестве инструмента ферроабразивного порошка в магнитном поле, под действием которого порошок формируется в своеобразную «эластичную» щётку. Абразивный компонент в составе частиц порошка

позволяет без добавления дополнительных абразивных сред осуществлять съём материала. [2]

Оценка точности формы по параметрам N и ΔN проводилась на лазерном интерферометре Zygo VeriFire AT™ (Германия).



Рисунок 1 – Лазерный интерферометр Zygo VeriFire

В данном контрольно-измерительном приборе сравнение каждого образца с плоской эталонной поверхностью осуществляется гелий-неоновым лазером с рабочей длиной волны 632,8 нм.

На рисунке 2 представлены интерферограммы поверхностей деталей № 1–4 до МАП, на которых по цветовой шкале от красного до синего цвета расположены значения высот нанорельефа от наибольших выступов до впадин соответственно. Под каждой интерферограммой указаны параметры ошибки формы N и ΔN для данного образца. Единица измерения – длина волны (fr). В таблице 1 эти параметры указаны в нм.

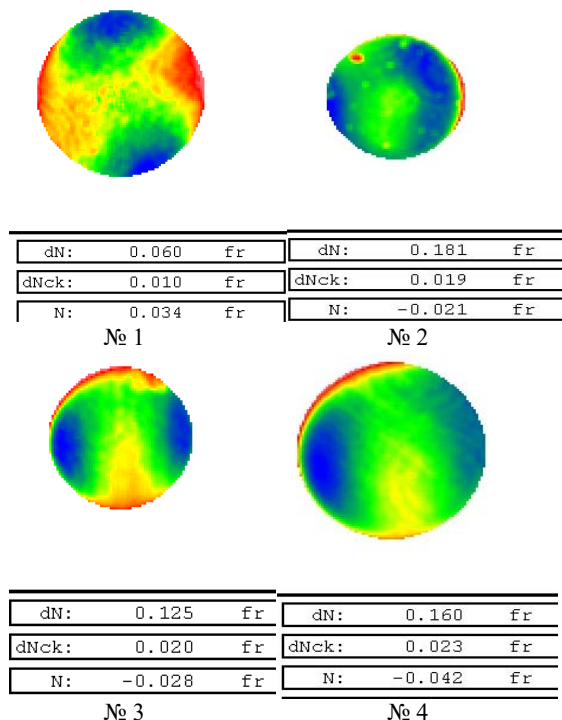


Рисунок 2 – Результаты измерений формы поверхности образцов до МАП

Таблица 1 – Характеристики формы поверхности образца до МАП

№ детали	Параметры формы	
	ΔN, нм	N, нм
1	18,9	10,7
2	57,1	6,6
3	39,4	8,8
4	50,5	13,2

Операция МАП каждого образца занимает 10 минут. После чего образцы подвергаются глубокой очистке и снова проходят операцию измерения параметров точности формы.

На рисунке 3 представлены интерферограммы поверхностей деталей № 1–4 после МАП.

В таблице 2 указаны характеристики точности поверхности образца после МАП.

Таблица 2 – Характеристики формы поверхности образца после МАП

№ детали	Параметры формы	
	ΔN, нм	N, нм
1	13,2	8,8
2	46,6	2,5
3	22,7	4,1
4	43,2	5,3

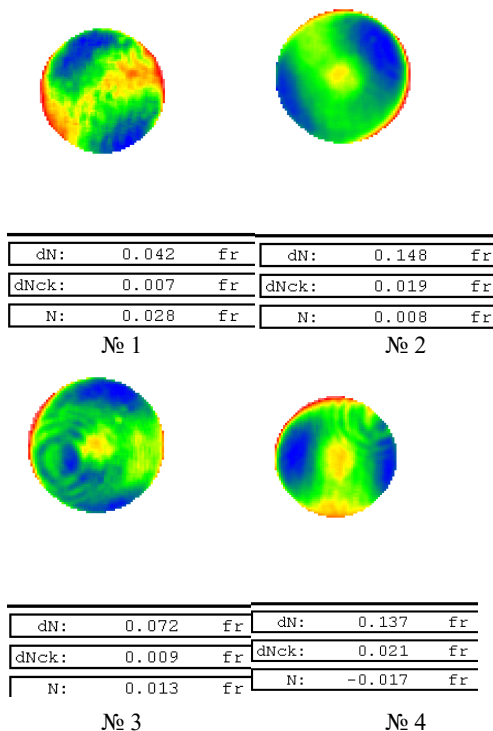


Рисунок 3 – Результаты измерений формы поверхности образцов после МАП

Заключение

В результате магнитно-абразивного полирования достигнуто снижение параметров точности формы поверхности оптических деталей в среднем на 10–50 %. в предельно малом диапазоне величин: менее 50 нм по местной ошибке формы и менее 10 нм – по общей.

Литература

1. Зубаков, В.Г., Семибратов, Н.Н., Штандель, С.К. Технология оптических деталей. – М.: Машиностроение, 1985. – 368 с.

2. Хомич, Н.С. Магнитно-абразивная обработка изделий : монография / Н.С. Хомич. – Минск : БНТУ, 2006. – 217 с. : ил.

УДК 621.9.048

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАПЛЫВОВ МЕТАЛЛА НА ШТРИПСЕ НА ПРОЦЕСС МИКРОРЕЗАНИЯ МАТЕРИАЛОВ

Киселев М.Г., Богдан П.С., Ничипорук А.С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь

Цель данной работы заключалась в теоретической оценке влияния геометрических параметров напльвов металла, полученных на исходной гладкой рабочей поверхности штрипсы в результате ее электроэрозионного модифицирования, на процесс микрорезания материалов.

На рисунке 1 представлена фотография единичной лунки, полученной на рабочей поверхности штрипсы, с указанием ее основных геометрических параметров.

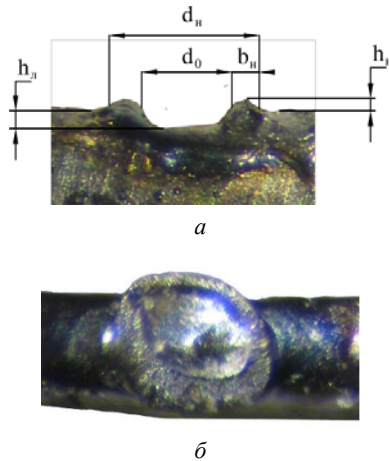


Рисунок 1 – Фотография единичной лунки, полученной на рабочей поверхности штрипсы: а – вид сбоку; б – вид сверху

На ней обозначены d_n – диаметр напльвов металла, h_n – их высота; d_0 – диаметр лунки относительно исходного положения поверхности; b_n – ширина напльвов металла по краю лунки и h_l – ее глубина.

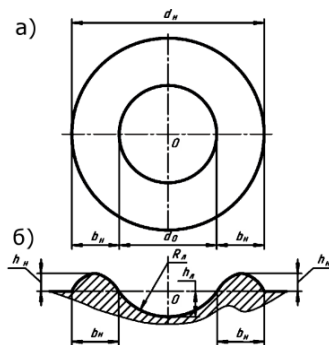


Рисунок 2 – Схематичное представление единичной лунки в плане (а) и ее диаметрального сечения (б)

Из приведенных фотографий видно, что реальная поверхность напльвов металла имеет развитый микрорельеф, состоящий из большого количества микровыступов и микровпадин. Вместе с тем, если их не учитывать, то расположение напльвов металла на поверхности штрипсы схематично можно представить следующим образом (рисунок 2).

Из приведенной схемы следует, что напльвы металла по краю лунки имеют в плане замкнутый контур в форме кольца внутренним диаметром d_0 , наружным d_n и шириной b_n . При этом центр этих окружностей совпадает с центром лунки, т. е. напльвы металла расположены симметрично относительно ее центра (точка О).

В диаметральном сечении лунки ее геометрическими параметрами являются высота напльвов металла h_n , их ширина b_n , глубина лунки h_l и ее радиус R_l . Для более детального анализа геометрических параметров напльвов металла обратимся к схеме, приведенной на рисунке 3, где показан диаметральный разрез только напльвов металла и форма образуемой ими поверхности по краю лунки.

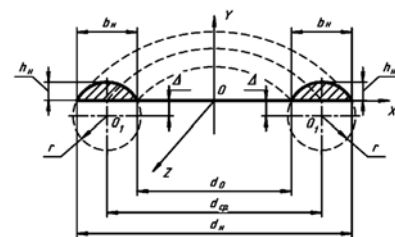


Рисунок 3 – Схематичное представление диаметрального сечения напльвов металла и форма образуемой ими поверхности по краю лунки

Как видно, кривую, описывающую профиль напльвов металла в диаметральном сечении, можно представить в виде части (дуги) окружности радиусом r с центром в точке O_1 (воображаемая часть этой окружности показана на рисунке 3 пунктирной линией). При этом центр этой окружности (точка O_1) расположен внутри материала штрипсы на расстоянии Δ от положения ее исходной поверхности.

Следовательно, образуемая по краю лунки поверхность представляет собой поверхность вращения, полученную вращением дуги окружности радиусом r вокруг оси OY , лежащей в плоскости