

ЛИТЕРАТУРА

1. Коронкевич В. П. и др. Киноформные оптические элементы — методы расчета, технология изготовления, практическое применение. — Автометрия, 1985, № 1, с. 3—24.
2. Оптический производственный контроль/Под ред. Д. Малагары. — М.: Машиностроение, 1985.
3. Белоглазов А. А., Орнис А. Н. Коллимационные и автоколлимационные устройства для контроля центрирования линз. — ОМП, 1972, № 10, с. 57—62.
4. Koronkevich V. P. et al. Fabrication of kinoform optical elements. — Optik, 1984, Bd 67, N 3, S. 259—266.
5. Коронкевич В. П., Полецук А. Г., Чурин Е. Г., Юрлов Ю. И. Лазерная термохимическая технология синтеза дифракционных оптических элементов на пленках хрома. — Квант. электроника, 1985, т. 12, № 4, с. 755—761.

Поступила в редакцию 24 июня 1985 г.

УДК 621.373.826 : 621.396

И. Д. БРЕГЕДА, В. А. НИКИТИН, Е. П. НИКИТИНА,
В. И. ЧЕРНИКОВ, Н. А. ЯКОВЕНКО
(Краснодар)

МАТРИЦА ГРАДИЕНТНЫХ МИКРОЛИНЗ, ИЗГОТОВЛЕННАЯ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОСТИМУЛИРОВАННОЙ ДИФФУЗИИ

Развитие оптоэлектронных систем обработки информации и волоконно-оптических линий связи обусловило интенсивный рост научных и конструкторских разработок, направленных на решение задачи надежного соединения одно- и многоволоконных световодных кабелей.

При создании оптических разъемов целесообразно применять микролинзы, расширяющие и коллимирующие световой пучок, выходящий из торца оптического волокна. Микролинзы, используемые в оптических разъемах, могут быть изготовлены в виде сапфировых или стеклянных шариков, помещаемых перед стыкуемыми волокнами [1], миниатюрных двояковыпуклых линз [2] и, наконец, градиентных микролинз, сформированных непосредственно в стеклянной подложке [3, 4].

Целью настоящей работы являются разработка методики изготовления матриц градиентных микролинз с большим числом элементов и исследование их оптических характеристик, а также выявление возможно-

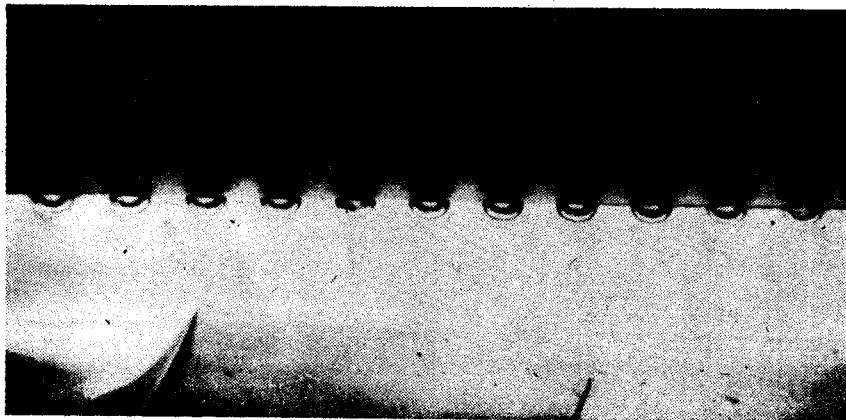


Рис. 1.

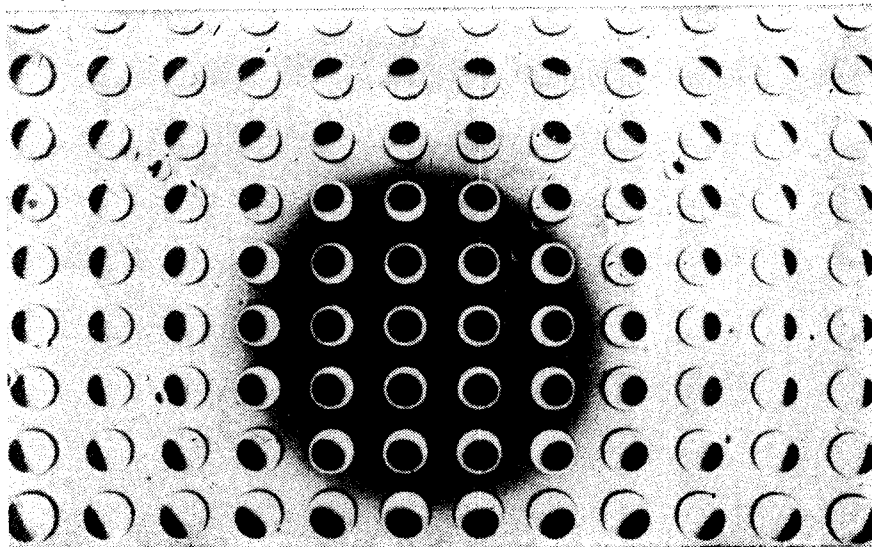


Рис. 2.

сти применения таких матриц для стыковки с оптическими волокнами и мультиплицирования оптического изображения.

Для изготовления матриц градиентных микролинз использовались стеклянные подложки от фотопластин. Высокое содержание окиси натрия в этом стекле (14%) позволяет получить в результате ионного обмена $Ag^+ \rightleftharpoons Na^+$ высокий перепад показателя преломления, что является необходимым условием при создании линз с коротким фокусным расстоянием. Ионный обмен проводился в расплаве солей $AgNO_3$ и $NaNO_3$ и был стимулирован внешним электрическим полем. Стеклянные пластинки, используемые в эксперименте, методом термического вакуумного напыления покрывались с обеих сторон слоем алюминия толщиной около 1 мкм.

На одной из сторон, подготовленной таким образом стеклянной пластинки, в маскирующем слое алюминия методом фотолитографии создавалась матрица круглых отверстий по числу формируемых микролинз диаметром от 30 до 100 мкм. Этой стороной стеклянная пластинка приводилась в соприкосновение с расплавом солей нитрата серебра и нитрата натрия. Алюминиевый слой на противоположной стороне являлся катодом. Анодом служил платиновый электрод, погруженный в расплав. Диффузия ионов Ag^+ из расплава солей в стекло проводилась при температуре 350—380°C и стимулирующем напряжении 30—50 В. При этом электрический ток изменялся в пределах 3,3—7,2 мА. Стимулированная внешним электрическим полем диффузия ионов Ag^+ из расплава солей в стеклянную пластинку через круглые отверстия в маскирующем слое приводит к формированию областей с повышенным показателем преломления.

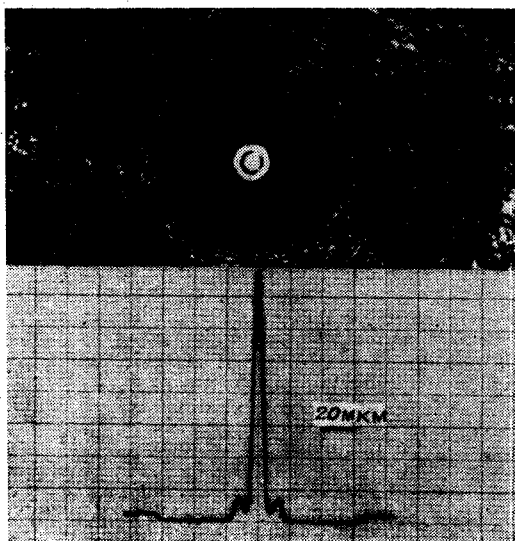


Рис. 3.

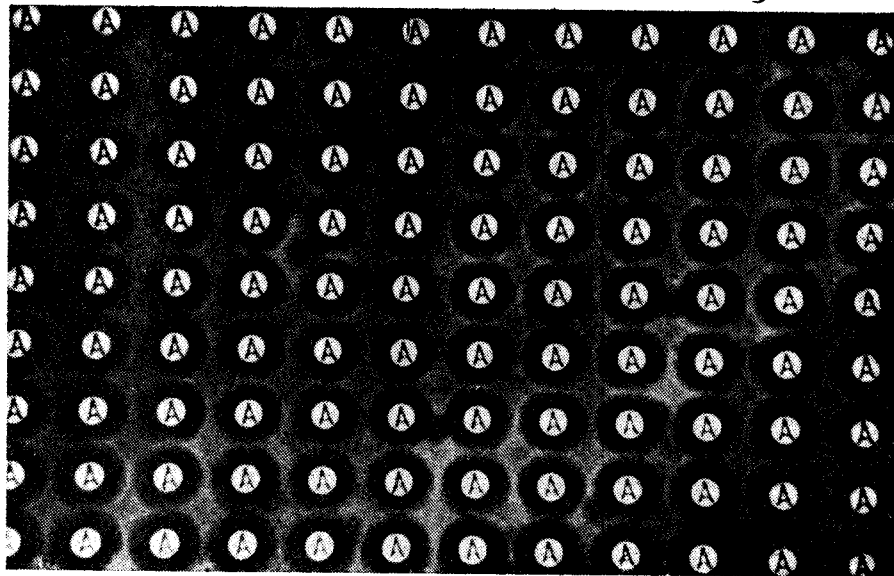


Рис. 4.

телом преломления, имеющих форму полусферы. На рис. 1 изображена линейка градиентных микролинз, наблюдаемых под микроскопом через торец стеклянной пластинки.

Экспериментально было изготовлено четыре типа матриц градиентных микролинз размером $10 \times 8,5$ мм², содержащих по 1024 (32×32) микролинзы диаметром в растре 147, 172, 185, 210 мкм. На рис. 2 показан фрагмент матрицы градиентных микролинз. Для лучшего выявления формы и размеров отдельных микролинз микрофото съемка производилась с помощью так называемого метода темного поля. Фокусное расстояние микролинз измерялось с помощью микроскопа и составило 700, 800, 900, 1000 мкм соответственно, а диаметр фокального пятна для $\lambda = 0,63$ мкм — примерно 10—12 мкм.

На рис. 3 представлены внешний вид фокального пятна и распределение интенсивности света, полученное путем сканирования фотоприемником оптического изображения в фокальной плоскости.

Числовая апертура изготовленных микролинз $NA = 0,1$. При склеивании двух таких матриц получается матрица двояковыпуклых микролинз с апертурой $NA = 0,2$. Высокая степень идентичности параметров микролинз и их размеров, задаваемая фотошаблоном, позволяет использовать изготовленную матрицу как оптический растр для мультиплицирования изображения. На рис. 4 показано мультиплицированное изображение буквы А, полученное с помощью матрицы градиентных микролинз.

Следует отметить, что изготовленные матрицы микролинз являются основным оптическим элементом при создании универсальных многоканальных оптических разъемов. С помощью таких разъемов можно соединять оптические кабели как друг с другом, так и с источниками и приемниками света, а наличие плоских поверхностей у градиентных микролинз позволяет осуществлять непосредственный контакт между стыкуемыми элементами и матрицами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Nici A., Tholen A. High — efficient ball-lens connector and related functional devices for single-mode fibers.— In: 7th Eur. Conf. Opt. Commun., Copenhagen, Sept. 8—11. 1981 (Conf. Proc. Stevenage). N. Y., 1981, p. 7.5/1—7.5/4.
2. Pat. 1429843 (Eug). Improvements in or relating to the endwise coupling of light guides/D. A. Kahn.— Publ. 31.3.76.

Б. И. СПЕКТОР

(Новосибирск)

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ СИНТЕЗА ФАЗОВОЙ СТРУКТУРЫ КИНОФОРМОВ

Киноформные оптические элементы (КОЭ) по хорошо известным причинам [1] привлекают к себе внимание специалистов. Большинство применений киноформной оптики сводится к тому, что оптическая система включает одну поверхность, на которой тем или иным способом создан фазовый рельеф. Тем не менее существует возможность строить оптические системы, в которых все операции над световым потоком выполняются киноформными элементами. Однако такого рода задачи не могут быть эффективно решены без преодоления самого существенного недостатка КОЭ — ограниченной дифракционной эффективности (ДЭ). И если оптические системы, включающие одну поверхность КОЭ, все же удается использовать, то возможности создания и применения многокомпонентных или многопроходных систем на основе КОЭ не могут быть реализованы при ДЭ ниже 90—95%, поскольку можно считать, что $\eta_{\text{общ}} = \prod_{i=1}^N \eta_i$ или при $\eta_i = \eta$ $\eta_{\text{общ}} = \eta^N$, где N — количество КОЭ в системе, а η_i — ДЭ i -го КОЭ.

В [2] проанализированы зависимости ДЭ от числа уровней квантования фазы и от погрешностей выполнения фазового рельефа и теоретически показано, что для достижения ДЭ $\sim 95\%$ необходимо выполнить фазовый профиль с не менее чем 8—10 различными уровнями, а вообще говоря, и более. Кроме того, ДЭ снижается из-за неточности воспроизведения фазы и совмещения шаблонов. Таким образом, для повышения ДЭ необходимо, с одной стороны, повысить количество уровней квантования фазы, а с другой — это влечет за собой пропорциональный рост числа шаблонов и операций фотолитографии и травления, а значит, увеличение количества рассовмещений и снижение ДЭ относительно расчетного.

В настоящей работе рассматривается метод синтеза фазового профиля, основанный на известном принципе дихотомии, позволяющий значительно снизить количество шаблонов и технологических операций для достижения предельных значений ДЭ КОЭ.

Как показано в [2], фазовый профиль зон киноформной линзы (начиная со второй) с высокой точностью можно считать линейным. На рис. 1 штриховой линией показано сечение зон произвольного КОЭ шириной ρ_1, ρ_2 , в пределах которых набег фазы $\varphi(x)$ линейно изменяется от 0 до 2π . Причем плоскость сечения выбирается перпендикулярной плоскости КОЭ (или касательной к ней) и ориентирована вдоль максимального изменения фазы.

Технологической задачей изготовления КОЭ, в частности, является удаление материала из заштрихованных областей (см. рис. 1) либо его наращивание на подложку в незаштрихованных областях. Технологии позволяют создавать хорошо контролируемый рельеф только прямоуголь-