

# СПЕКТРАЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ НА ОСНОВЕ ДИСПЕРСИОННОГО МОДУЛЯ С МИКРОЗЕРКАЛЬНОЙ МАТРИЦЕЙ

Е.С.Воропай, И.М.Гулис, А.Г. Купреев, А.Г. Костюкевич  
Белорусский государственный университет, г. Минск, e-mail: gulis@bsu.by

Приведены схемные решения и характеристики спектральных приборов, построенных на основе единого модуля, содержащего дифракционную решетку, зеркальные сферические объективы и микрозеркальную матрицу в качестве пространственного модулятора света: гиперспектрометра, мультиобъектного спектрометра, конфокального микроспектрометра, монохроматора-спектросинтезатора.

Разработан спектрометрический модуль с дифракционной решеткой, зеркальной оптикой и управляемой входной апертурой, в котором в качестве оперативно реконфигурируемого пространственного модулятора света использована микрозеркальная матрица (МЗМ) фирмы Texas Instruments, имеющая  $1024 \times 768$  элементов микрозеркал размерами  $10,8 \times 10,8$  мкм. Структура оптической схемы модуля определяется особенностью конструкции МЗМ (микрозеркала поворачиваются относительно собственной диагонали, что приводит к неплоскостности схемы). Минимизация aberrаций в схеме с использованием сферических зеркал для коллиматорного и камерного объективов достигается использованием конфигурации, близкой к осесимметричной, с применением дополнительных плоских зеркал с вырезами. В результате в схеме с относительным отверстием 1:5 достигаются размеры пятен рассеяния в фокальной плоскости камерного объектива до 40-50 мкм от всех точек с входного поля размерами  $11 \times 8$  мм, что обеспечивает хорошие изображающие возможности модуля. С использованием дифракционной решетки  $150$  1/мм и объективов с  $f=250$  мм модуль обеспечивает работу в спектральном диапазоне  $400 \div 900$  нм с разрешением до  $0,8$  нм.

На основе модуля строятся приборы различных функциональных назначений:

1. Гиперспектрометр с электронным сканированием изображения спроецированного на МЗМ объекта входной щелью, роль которой выполняет столбец «открытых» (направляющих излучение в коллиматорный объектив) микрозеркал. Набор спектров регистрируется КМОП-матрицей (Lupa-4000,  $2048 \times 2048$  пикселей; размер пикселя –  $12 \times 12$  мкм), в результате формируется «спектральный гиперкуб» – зависимость интенсивности от двух пространственных и спектральной координат.

2. Мультиобъектный спектрометр, в котором на изображении объекта на представляющих интерес участках в интерактивном режиме формируются «минищели» заданной высоты и ширины, а затем одновременно регистрируются спектры от этих участков. В этом случае можно оперативно проводить сравнение спектров и проследивать их временную эволюцию.

3. Конфокальный микроспектрометр. В мультиобъектном спектрометре на МЗМ строится изображение исследуемого образца, но освещается с использованием лазерного или светодиодного источника не весь образец, а его малые участки, выделяемые теми же «открытыми» микрозеркалами, которые формируют минищели.

4. Монохроматор-спектросинтезатор реализуется путем замены КМОП-матрицы выходной щелью. Выбор «открытых» столбцов на равномерно освещенной широкополосным источником МЗМ формирует набор спектральных компонент, относительные интенсивности задаются числом открытых микрозеркал в столбце, либо временами открытого состояния. Малое время переключения микрозеркал ( $\approx 30$  мкс) обеспечивает реализацию динамических режимов работы спектросинтезатора.