

УДК 535. 32: 681. 785. 55

ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, ПОВЫШАЮЩАЯ ДИСПЕРСИЮ СПЕКТРАЛЬНОГО ПРИБОРА

Т.Г. Дилбазов, Н.Я. Ягубзаде*, Е.А. Гусейнова, Р. Б. Аббасова

*Научно-исследовательский институт аэрокосмической информатики,
Национальное аэрокосмическое агентство, г. Баку, Азербайджан, e-mail:
naile_yaqub@mail.ru.**

С помощью оптической системы, в которой на плоскости формирования спектра установлено цилиндрическое зеркало, удается значительно повысить линейную дисперсию, не увеличивая вес и габариты системы. Получены зависимость изменения дисперсии системы от диаметра зеркала и от расстояния между зеркалом и экраном.

Ключевые слова: диспергирующий элемент, дисперсионные призмы, фокальная плоскость, цилиндрическое зеркало, объектив, окуляр, изображение оптическое.

OPTIQ SYSTEMS IN THE SPECTRAL DEVICE INCREASE.

T.H.Dilbazov, N.Y.Yaqubzade*, E.A. Huseynova, R. B. Abbasova

*Scientific Research Institute of the Aerospace Computer science, National Aerospace Agency, Baku, e-mail: naile_yaqub@mail.ru.**

To help optic systems, formation spectrometr is possible mirror in the high dispersion qabarys systems.

In this area different dispersion systems in dm in mirror and in distance in mirror screen.

Key words: dispersant element, dispersinq prism, fokal plane, cylindrical mirror, obyektive, ocular, optikal image.

Исследование природных ресурсов методами дистанционного зондирования Земли и контроль состояния окружающей среды требуют разнообразную аппаратуру, в том числе спектральную, размещенную в бортовых системах. Приборы, входящие в такие системы, должны обладать наряду с высокими техническими характеристиками малым весом и габаритами.

В настоящей работе приводятся результаты исследований, полученные с помощью оптической системы, предложенной для создания малогабаритных спектральных приборов с большой дисперсией [1]. Система содержит входную

щель, коллиматорный и камерный объективы, диспергирующую призму и цилиндрическое зеркало. Система отличается от классической призмной системы только наличием цилиндрического зеркала, помещенного в фокальной плоскости камерного объектива.

Спектр видимого света, сформированный в фокальной поверхности камерного объектива, отражается цилиндрическим зеркалом, образующая которого расположена в плоскости, перпендикулярной плоскости дисперсии призмы. Размеры зеркала выбираются так, чтобы ширина и длина спектра видимого света охватывались полностью.

Спектр попадает на сферическую поверхность под разными углами, вследствие чего угол между отражёнными лучами увеличивается, спектр «растягивается». Поскольку спектральная линия является изображением щели, а спектр – совокупность этих линий, можно говорить об увеличении угловой дисперсии этих лучей. Линейная дисперсия тоже увеличивается, так как линейная и угловая дисперсии связаны [2] соотношением

$$\frac{dl}{d\lambda} = \frac{f}{\cos \theta} \cdot \frac{d\varphi}{d\lambda}, \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние камерного объектива; θ – угол между нормалью к поверхности спектра и средним лучом пучка; $\frac{dl}{d\lambda}$ – линейная, $\frac{d\varphi}{d\lambda}$ – угловая дисперсия.

Исследования, посвященные созданию малогабаритных спектральных приборов с высокой дисперсией и разрешающей способностью [3], показали, что изменение линейной дисперсии оптической системы как в призмных, так и в дифракционных системах с цилиндрическим зеркалом идентично и выражается формулой

$$\frac{dl}{d\lambda} = \left(3 - 2 \frac{s'}{r}\right) \cdot \left(\frac{d\varphi}{d\lambda}\right) \cdot s'', \quad (2)$$

где s' – расстояние между диспергирующим элементом и зеркалом; s'' – расстояние между зеркалом и экраном; r – радиус зеркала; $\left(\frac{d\varphi}{d\lambda}\right)$ – дисперсия диспергирующего элемента.

Следует отметить, что выражение (2) определяет линейную дисперсию системы лишь на плоской поверхности, перпендикулярной главному лучу

отраженного пучка для узкого спектрального интервала длин волн (что имеет место в монохроматорах). Если же исследуется широкий спектральный интервал, то для определения линейной дисперсии необходимо решить задачу о форме поверхности экрана, при этом s'' – расстояние от поверхности зеркала до выходной щели вдоль главного луча отраженного пучка.

Из выражения (2) следует, что линейную дисперсию предложенной системы можно увеличить уменьшением r и увеличением s'' . Экспериментально исследована зависимость дисперсии системы от этих параметров.

Излучение спектральной лампы накаливания, направленной на вход системы, коллимируется и заполняет поверхность диспергирующий призмы. Формированный спектр фокусируется на поверхности плоского зеркала, отражается и фиксируется на поверхности экрана, расположенного на определенном расстоянии от зеркала. Измеряется длина спектра, затем плоское зеркало заменяется поочередно цилиндрическими зеркалами с разными диаметрами, и измеряется каждый раз полная длина спектра, вычисляется среднее значение.

В табл.1 приведены результаты этих измерений. На практике чаще пользуются обратной линейной дисперсией, выражая ее в нанометрах на миллиметр. Поэтому в таблице приведены и вычисленные значения обратной линейной дисперсии.

Таблица 1. Зависимость дисперсии от диаметра зеркала

Диаметр зеркало d, mm	Длина спектра ℓ, mm	$\frac{d\ell}{d\lambda} \frac{mm}{nm}$	$\left(\frac{d\ell}{d\lambda}\right)^{-1} \frac{nm}{mm}$
80	170	0,48	2,08
50	200	0,57	1,75
40	240	0,68	1,48
35	310	0,88	1,13
30	420	1,20	0,83
25	500	1,42	0,70
Плоское зеркало	21 mm	0,06	16,8

Видно, что после отражения от цилиндрического зеркала, линейная дисперсия системы увеличивается больше двадцати раз по сравнению с отражением от плоского зеркала при постоянном значении расстояния между зеркалом и экраном.

Для измерений зависимости линейной дисперсии от расстояния между зеркалом и экраном измеряется длина спектра, отражённая от плоского зеркала. Затем плоское зеркало заменяется поочередно цилиндрическими зеркалами разных диаметров и измеряется для каждого диаметра зеркала длина спектра в разных расстояниях от зеркала. Эти измерения приведены в табл.2.

Таблица 2. Зависимость дисперсии от расстояния между зеркалом и экраном

d, mm	s', mm	ℓ, mm	$\frac{d\ell}{d\lambda} \frac{mm}{nm}$	$\left(\frac{d\ell}{d\lambda}\right)^{-1} \frac{nm}{mm}$
80	25	60	0,17	5,88
	40	80	0,22	4,54
	60	110	0,31	3,22
	95	155	0,44	2,27
	130	220	0,62	1,91
40	30	105	0,30	3,33
	50	140	0,40	2,50
	80	190	0,54	1,85
	120	260	0,74	1,35
35	20	110	0,28	3,57
	40	140	0,40	2,50
	60	160	0,45	2,22
	95	230	0,65	1,53
	130	290	0,82	1,21
Плоское зеркало		21	0,06	16

Видно, что линейная дисперсия растёт с увеличением расстояния от зеркала до экрана. Линейная дисперсия увеличивается и с уменьшением диаметра зеркала.

Таким образом, исследования показывают, что пользуясь цилиндрическим зеркалом в классических спектрометрических системах, можно создавать приборы с высокой линейной дисперсией, практически не изменяя вес и габариты, не усложняя конструкцию приборов. Такие приборы могут быть полезными для повышения точности определения ультрамалых количеств вещества в абсорбционной спектроскопии.

Наличие цилиндрического зеркала в дисперсионной системе дает возможность более эффективно использовать линейную дисперсию диспергирующего элемента.

Оптическая система с цилиндрическим зеркалом может быть применена не менее эффективно и в дифракционных системах измерений. На рис. показана дифракционная система для многоканального спектрометра.

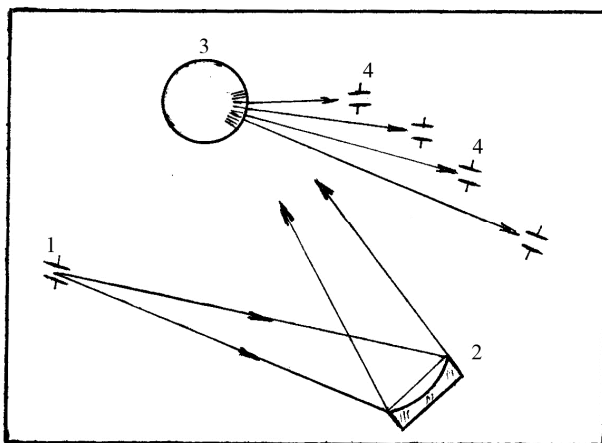


Рис. 1. Оптическая система для многоканального бортового спектрометра

1 – входная щель; 2 – дифракционная решетка; 3 – цилиндрическое зеркало; 4 – выходная щель.

Выбирая цилиндрическое зеркало с разными покрытиями, можно создавать малогабаритные спектральные приборы с высокой дисперсией также в других областях оптического диапазона.

Если учесть возможности получение высокой дисперсии, отсутствие оптических элементов, ослабляющие и искажающие полезные сигналы, простота конструкции, а также возможность изменение ширины спектрального интервала в отдельных каналах, предложенная система может оказаться полезной, особенно при создании бортовых многоканальных спектральных приборов.

Список литературы

1. Дилбазов Т.Г. Авторское свидетельство №1453187. СССР.БИ 1989. № 3.
2. Тарасов К.И., Блох А.А., Голяндин Н.С., Косова Н.Ф. Проектирование спектральной аппаратуры. Л.: Машиностроение, 1980. С. 11.
3. Ягубзаде Н.Я., Дилбазов Т.Г. Дисперсия и разрешающая сила оптической системы с цилиндрическим зеркалом.// Известия Азербайджанского Национального Аэрокосмического Агентства. 2006. Т.9. №3-4. С.83.

Рецензенты:

Агаев Ф.Г., д.т.н., профессор, директор Института космических исследований природных ресурсов, г. Баку.

Аскеров К.А., д.ф.-м.н., директор оптико-механического объединения Министерства оборонной промышленности, г. Баку.

Работа получена 23.08.2011.