

М.И. Алленов, А.С. Васильев, Р.А. Давлетшина, В.Н. Иванов

ИНТЕРФЕРЕНЦИОННЫЕ МИКРОФИЛЬТРЫ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ СРЕД*Институт экспериментальной метеорологии НПО «Тайфун» Росгидромета
г. Обнинск Калужской области*

Поступила в редакцию 15.06.98 г.

Принята к печати 29.10.98 г.

Приводятся спектральные характеристики изготавливаемых в НПО «Тайфун» интерференционных фильтров различного типа в спектральных областях от 0,25 до 13 мкм.

Наиболее эффективно исследования состояния природных сред (атмосферы, облаков, лесов, полей, пастбищ, водоемов и т.д.) в последние десятилетия проводятся с авиационных и космических летательных аппаратов. При этом для распознавания состояния природных сред все чаще используются методы и средства многозональных (спектрозональных) съемок интересующих объектов.

Для такого рода исследований обычно требуется быстродействующая высокочувствительная аппаратура,

которую можно создать на основе интерференционных фильтров различного типа.

В Институте экспериментальной метеорологии НПО «Тайфун» Росгидромета освоена технология изготовления оптических элементов на основе многослойных интерференционных фильтров в спектральном диапазоне 0,25–13 мкм. Оптические характеристики фильтров представлены в табл. 1. Кроме того, созданы и используются в спутниковой аппаратуре микрофильтры, которые накладываются непосредственно на линейки ПЗС и другие приемники излучения.

Т а б л и ц а 1

Тип фильтра	Длина волны пропускания в спектральном диапазоне, мкм	Пропускание в максимуме, %	Полуширина, %	Пропускание фона, %	Конфигурация и размер фильтра, мм
Узкополосный	0,25–0,4	15–35	1,5–5	10^{-2} – 10^{-3} (0,2–0,8 мкм)	10–30
	0,4–0,9	40–80	0,5–5	10^{-3} – 10^{-4}	«
	0,9–1,5	40–80	1–3	«	«
	1,5–3,5	40–60	1–5	«	«
	3,5–5,5	30–60	«	«	«
	5,5–13	30–50	«	«	«
Сверхузкополосный	0,4–4	30–50	Несколько Å	«	«
Полосовой	Диапазоны те же, что и у узкополосных	40–70	5–10	То же, что и у узкополосных	«
Клиновой	0,4–0,7	20–40	2–4	10^{-2} (0,2–6 мкм)	
Кольцевой формы (полоса пропускания – линейная функция угла поворота)	0,7–1,2	20–40	2–4	«	$R_1 = 50$
	1,1–2,0	30–40	«	«	$R_2 = 15$
	1,9–3,2	30–40	1–2	«	Приведенные спектральные диапазоны располагаются на секторных подложках 180 или 90°
	3,0–5,3	20–40	«	«	
	8–13	20–40	3–4	< 1 (0,2–15 мкм)	

В настоящее время разработаны два типа микрофильтров: с 4 и 6 спектральными каналами на одной подложке. Конструктивно светофильтры представляют собой стеклянную подложку с непрозрачной маской и окнами, в которых напылены интерференционные покрытия (см. рисунок). В 4-канальном варианте ширина окон с интерференционным покрытием 0,45 мм, период напыления окон 0,57 мм;

в 6-канальном – ширина окон 0,20 мм, период напыления 0,25 мм.

Из таких линеек можно получить матрицы с различным чередованием элементов разложения изображения. Спектральные характеристики созданных нами микрофильтров-линеек приведены в табл. 2.

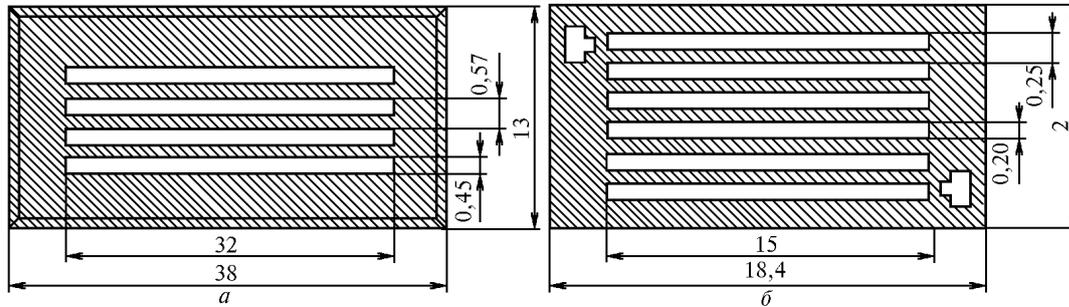


Рис. 1.

Таблица 2

Спектральные характеристики светофильтров

Канал	$\Delta\lambda_{0,1}$, мкм	λ_{cp} , мкм	$\Delta\lambda_{0,5}$, мкм	τ , %	$\lambda_{к.п}$, мкм	$\lambda_{д.п}$, мкм
4-канальный светофильтр						
1	0,49–0,52	0,505	0,5–0,51	} больше или равно 50	0,4	1,1
2	0,52–0,60	0,560	0,54–0,53			
3	0,63–0,67	0,650	0,67–0,66			
4	0,80–0,90	0,850	0,83–0,87			
6-канальный светофильтр						
1	0,80–0,90	0,85	0,81–0,89	} больше или равно 50	0,4	1,1
2	0,49–0,52	0,505	0,495–0,515			
3	0,52–0,60	0,56	0,53–0,59			
4	0,63–0,67	0,65	0,635–0,665			
5	0,71–0,73	0,72	0,715–0,725			
6	0,76–0,80	0,78	0,765–0,795			

Примечание. $\Delta\lambda_{0,1}$ – спектральная ширина полосы пропускания фильтра на уровне 0,1 τ , %; $\Delta\lambda_{0,5}$ – спектральная ширина на уровне 0,5 τ , %; λ_{cp} – средняя длина волны полосы пропускания; τ – пропускание в полосе; $\lambda_{к.п}$ и $\lambda_{д.п}$ – коротковолновый и длинноволновый подъемы соответственно.

Данные спектральные характеристики достигаются путем нанесения в вакууме интерференционных полосовых и дополнительных отрезающих систем, состоящих из чередующихся четвертьволновых слоев из веществ с высоким и низким показателями преломления.

Интерференционные слои наносятся через специальные узкие щели необходимого размера на одной подложке, покрытой непрозрачным слоем хрома, где оставлены узкие прозрачные окна с определенным периодом (см. рисунок). Для получения заданных спектральных характеристик используются аналогичные теория и технология получения интерференционных систем, как и в случае обычных светофильтров. Но разница в том, что в микрофильтрах описанного типа не представляется возможным использование естественных границ пропускания нескольких подложек (цветных стекол) для подавления побочных полос пропускания основных интерференционных систем. А это приводит к тому, что возникает необходимость нанесения еще нескольких дополнительных отрезающих интерференционных систем друг на друга и согласования их между собой, что, в свою очередь, усложняет технологию изготовления.

Представленные в табл. 2 спектральные характеристики (диапазоны длин волн, полуширины и т.д.) не являются единственно возможными. Приведенная технология получения микрофильтров может быть использована и в других системах дистанционного зондирования и распознавания объектов в разных спектральных областях: в ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной.

M.I. Allenov, A.S. Vasiliev, R.A. Davletshina, V.N. Ivanov. Interference Microfilters for Remote Sounding of Natural Environments.

Spectral characteristics of different interference filters manufactured in SPA «Typhoon» for use in the spectral ranges from 0,25 to 13 mcm are presented.