

УДК 621.384.326.23

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОЭФФИЦИЕНТА ПРОПУСКАНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННЫХ ОБЪЕКТИВОВ ПРИ ПОМОЩИ ИНФРАКРАСНОГО ФУРЬЕ-СПЕКТРОМЕТРА TENSOR-27

Фёдоров Р.В.<sup>1</sup>, Фуфаев А.В.<sup>1,2</sup>, Альхимович М.А.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Научно-технический центр «ЛЭМТ» БелОМО  
Минск, Республика Беларусь

На сегодняшний день широкое распространение получили два метода измерений коэффициента пропускания оптических элементов. Первый метод осуществляется с применением фотоэлектрического фотометра, и основан на сравнении направленного потока излучения, входящего в испытуемый элемент и потока, прошедшего через этот элемент. Второй метод предусматривает использование автоколлимационного фотоэлектрического фотометра, основан на сравнении направленного потока излучения, входящего в испытуемый элемент, и потока, дважды прошедшего через элемент за счёт автоколлимационного хода лучей. При определении спектральных коэффициентов пропускания из падающего на испытуемый элемент потока, при помощи специальных приспособлений (монокроматор, светофильтр) выделяется его часть, сосредоточенная в узком спектральном интервале длин волн [1, 2].

Исследуемым образцом послужил двухкомпонентный тепловизионный объектив с асферической поверхностью F50 IR (УП НТЦ «ЛЭМТ»). Оптическая схема объектива включает в себя две германиевые линзы. Первая линза имеет одну асферическую поверхность второго порядка (рисунок 1).

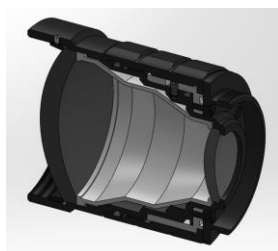


Рисунок 1 – 3D модель тепловизионного объектива F50 IR

Измерение коэффициента пропускания объектива F50 IR осуществляли на настольном инфракрасном Фурье-спектрометре "Tensor-27" (Bruker) [3], работающем в широком спектральном диапазоне  $4000 - 400 \text{ см}^{-1}$ . На рисунке 2 приведено расположение основных функциональных оптических элементов прибора.

Принцип действия Фурье-спектрометров основан на определении разности хода между интерферирующими лучами при перемещении зеркала в двулучевом интерферометре.

Для уменьшения влияния внешних воздей-

ствий интерферометр построен по схеме с зеркалами в виде световозвращателей. Регистрируемый световой поток на выходе интерферометра в зависимости от разности хода (интерферограмма) представляет Фурье-образ регистрируемого оптического спектра. Сам спектр (в шкале волновых чисел) получается после выполнения специальных математических расчётов (обратное преобразование Фурье) интерферограммы.

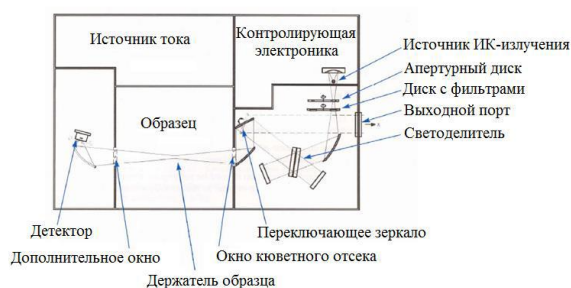


Рисунок 2 – Схема ИК-спектрометра «Tensor-27»

Движение зеркал в интерферометре осуществляется по линейному закону с помощью прецизионного механизма. Точное положение зеркала (разность хода в интерферометре) определяется с помощью референтного канала с диодным лазером. Нулевое значение разности хода (основной максимум интерферограммы) определяется расчётным путём.

Фурье-спектрометры представляют собой стационарные автоматизированные приборы. Общий вид прибора представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Общий вид спектрометра Tensor-27

Для измерения коэффициента пропускания тепловизионных объективов в сборе УП «Научно-технический центр «ЛЭМТ» разработано специальное приспособление, внешний вид которого представлен на рисунке 4.

Приспособление позволяет перемещать исследуемый образец в трех направлениях относительно пучка ИК-излучения. Пучок излучения неравномерен по оси. Перемещение исследуемого

образца необходимо для поиска оптимального положения образца относительно пучка ИК-излучения.

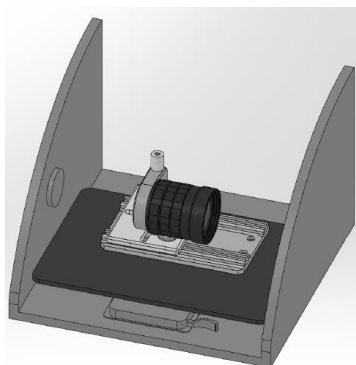


Рисунок 4 – Приспособление для оценки коэффициента пропускания тепловизионного объектива

Приспособление позволяет перемещать исследуемый образец в трех направлениях относительно пучка ИК-излучения. Пучок излучения неравномерен по оси. Перемещение исследуемого образца необходимо для поиска оптимального положения образца относительно пучка ИК-излучения.

ИК Фурье-спектрометры обычно работают в однолучевом режиме: поочередно записываются два спектра (с образцом и без него), а их разность и даёт спектр поглощения образца.

В Фурье-спектрометре используется программное обеспечение (ПО) OPUS, предназначенное для настройки параметров измерения, осуществления Фурье-преобразования интерферограммы, обработки выходной информации, в том числе построения градуировочных графиков по образцовым веществам, печати результатов и сохранения результатов анализа. Программное обеспечение OPUS обеспечивает экспорт результатов измерения в другие программы для подготовки отчетов.

После исследования коэффициента пропускания образца двухкомпонентного тепловизионного объектива с асферической поверхностью были получены результаты, представленные на рисунках 5–7.

График коэффициента пропускания позволяет оценить область спектра максимального пропускания исследуемого объектива. Для данного образца пик пропускания приходится на длину волны 8333 нм.

На рисунке 5 показан график изменения коэффициента пропускания, когда образец находился на расстоянии 50 мм от окна детектора. Максимальный коэффициент пропускания (на длине волны 8333) равен 0,71.

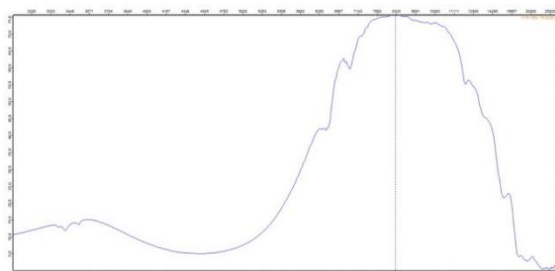


Рисунок 5 – Коэффициент пропускания объектива F50 IR на расстоянии 50 мм от окна детектора

На рисунке 6 показан график изменения коэффициента пропускания, когда образец находился на расстоянии 150 мм от окна детектора. Максимальный коэффициент пропускания равен 0,43.

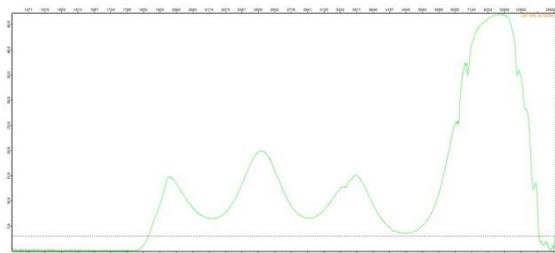


Рисунок 6 – Коэффициент пропускания объектива F50 IR на расстоянии 150 мм от окна детектора

Совмещенный график (рисунок 7) позволяет оценить зависимость коэффициента пропускания тепловизионного объектива от перемещения его относительно приёмного окна детектора.

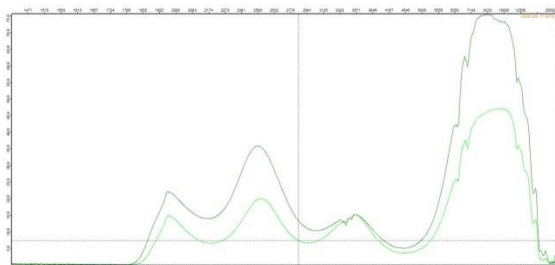


Рисунок 7 – Совмещенный график коэффициентов пропускания объектива F50 IR

Анализ полученных результатов показывает, что инфракрасный объектив F50 IR имеет достаточно широкий рабочий диапазон и высокий уровень коэффициента пропускания в области 800 – 1600 нм.

#### Литература

1. ОСТ В 3-4902-81 Объективы для изделий общей техники. Методы измерения коэффициента пропускания.
2. ГОСТ 24604-81 Объективы. Метод определения коэффициента пропускания.
3. Bruker Tensor 27 FT-IR & OPUS Data Collection Program (V 1.1). – 47 p.