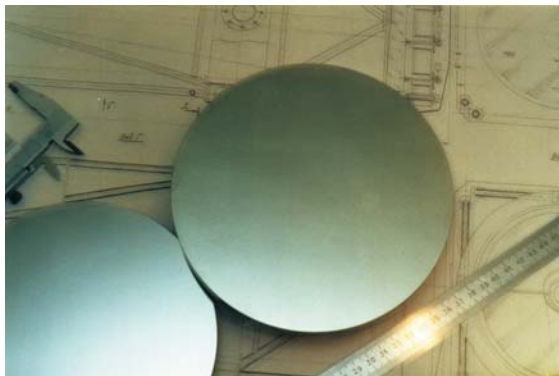


Германиевые окна и линзы для термографии

Мы изготавливаем оптические компоненты из германия для пирометрии и термографии с просветляющими покрытиями для широкого диапазона длин волн, включая алмазоподобные покрытия для специальных, экстремальных условий работы. Все оптические элементы проходят строгий контроль качества. Для этой цели мы проводим спектроскопические и интерферометрические измерения.

Германиевые окна
(диаметр 180 мм, толщина 12.7мм.)



Окна

Спектроскопические измерения

Для производства оптических элементов используется монокристаллический германий наивысшего оптического качества. Перед нанесением покрытий измеряется спектр пропускания полированных изделий в диапазоне 2 - 14 микрон (см. Рис.1).

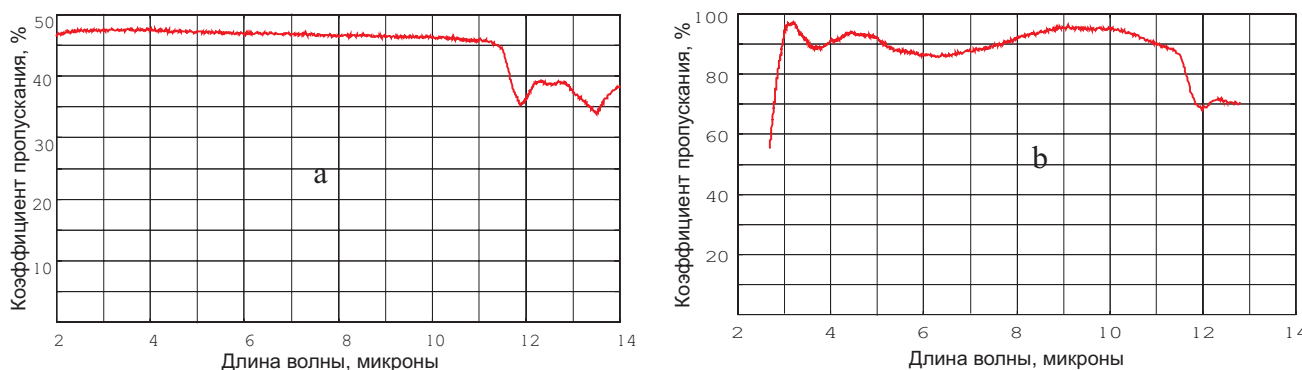


Рис. 1 Спектр пропускания Ge-окна диаметром 180 мм и толщиной 12.7 мм до (а) и после (б) нанесения широкополосного просветляющего покрытия на 3 - 5 и 8 - 12 микрон.

Для приборов, используемых в пирометрии, важно лишь общее пропускание оптики. Однако для элементов изображающих систем этот параметр оказывается малоинформативным. Качество построенного изображения зависит от светорассеяния и “направленного” пропускания, которые определяют, соответственно, его контрастность и яркость. Поэтому оптические элементы изображающих систем проходят дополнительное тестирование и подвергаются специальным измерениям.

Прежде всего, определяется значение внутреннего рассеяния. Этот параметр характеризует ту часть энергии прошедшего излучения, которая, вследствие рассеяния света в материале, отклоняется от расчетного направления луча при его прохождении через деталь. Используется специальная методика измерений, т.к. при обычном фотометрировании нельзя выделить излучение, рассеиваемое под разными углами.



TYDEX[®]
J.S.CO.

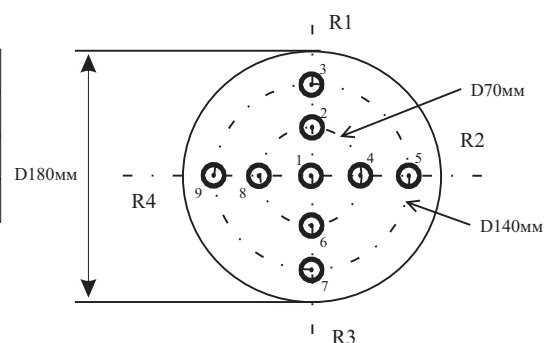
Домостроительная ул. 16, 194292 С.-Петербург, РОССИЯ
Тел: 7-812-3318702, -3346701; Факс: 7-812-3346702
E-mail: tydex@tydex.ru, URL: <http://www.tydex.ru>

Поскольку реперный луч имеет длину волны 2.5 микрона и известно, что для больших длин волн потери за счет рассеяния уменьшаются, полученное значение может служить достаточным критерием для оценки внутреннего качества материала. Апертура измерительного устройства составляет примерно 35 мм. В случаях, когда этот размер значительно меньше чистой апертуры окна, мы измеряем внутреннее рассеяние в нескольких точках окна, лежащих на перпендикулярах к радиусам меньшего размера (см. таб. 1 и рис. 2).

№ точки								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Центр	R1		R2		R3		R4	
1.2%	1.2%	1.3%	1.4%	1.3%	1.4%	1.5%	1.3%	1.6%

Таб. 1 Значения внутреннего рассеяния при микрона

Рис. 2 Схема расположения точек для измерения внутреннего рассеяния.



На следующем этапе исследуется “направленное” пропускание, т.е. пропускание в направлении распространения падающего луча (контрольная длина волны 2.5 микрона). Этот параметр характеризует часть энергии излучения, вышедшую в «правильном» направлении без рассеяния. Схема измерений построена таким образом, чтобы устранить влияние множественных внутренних отражений на результаты тестирования. Диаметр реперного луча равен 5 мм. Как описано выше, мы обеспечиваем измерения в нескольких точках. Значение направленного пропускания для рассматриваемого окна составляло $(40.2 \pm 0.2)\%$ во всех точках, что практически совпадало с теоретическим максимумом, учитывая поглощение на толщине окна и показатель преломления на длине волны 2.5 микрона.

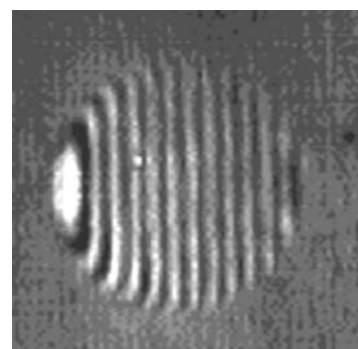
И, наконец, мы измеряем пропускание окна после нанесения покрытия (см. рис. 1).

Интерферометрические измерения

Наряду с высоким светопропусканием, чрезвычайно важно, чтобы элементы изображающих и лазерных систем минимально искажали форму прошедшего волнового фронта. Значение искажения прошедшего волнового фронта (transmitted wavefront distortion - TWD) мы определяем с помощью интерферометрических измерений. Для этого используется следующая процедура.

Интерферометрическая картина, полученная на 10.6 микрон, напрямую регистрируется компьютером. Вначале необходимо удалить шумы и повысить контрастность изображения при помощи стандартного графического программного обеспечения (см. рис. 3).

Рис. 3 Интерферометрическая картина прошедшего волнового фронта после удаления шумов и повышения контрастности (окно диаметром 50.8 мм, толщиной 5 мм).



TYDEX[®]
J.S.CO.

Домостроительная ул. 16, 194292 С.-Петербург, РОССИЯ
Тел: 7-812-3318702, -3346701; Факс: 7-812-3346702
E-mail: tydex@tydex.ru, URL: http://www.tydex.ru

Германиевые окна и линзы для термографии

Последующие операции проводятся с использованием программного обеспечения, разработанного специально для анализа интерферограмм. Сначала определяются координаты центров светлых и тёмных полос. Затем эти полосы аппроксимируются двумерными степенными полиномами. После этого производится расчет TWD и оценка точности измерений (см. таб. 2). И, наконец, топография волнового фронта реконструируется и воспроизводится на плоской и 3-х мерной диаграммах (см. рис. 4).

RMS_F	PV_F	D	B_4	PV_Z	$RMS_{(w-z)}$	σ
0.044	0.26	0.11	0.16	0.12	0.027	0.009

Таб. 2 Параметры TWD и точность измерений (окно диаметром 50.8 мм и толщиной 5.0 мм).

RMS_F - среднеквадратичное искажение волнового фронта по отношению к ближайшей плоскости;

PV_F - максимальный размах искажения волнового фронта по отношению к ближайшей плоскости;

D - фокусирующий коэффициент эталона;

B_4 - коэффициент Цернике 4-го порядка для зональной ошибки;

PV_Z - максимальный размах зональной ошибки;

$RMS_{(w-z)}$ - среднеквадратичное искажение волнового фронта без зональной ошибки;

σ - неточность реконструкции волнового фронта.

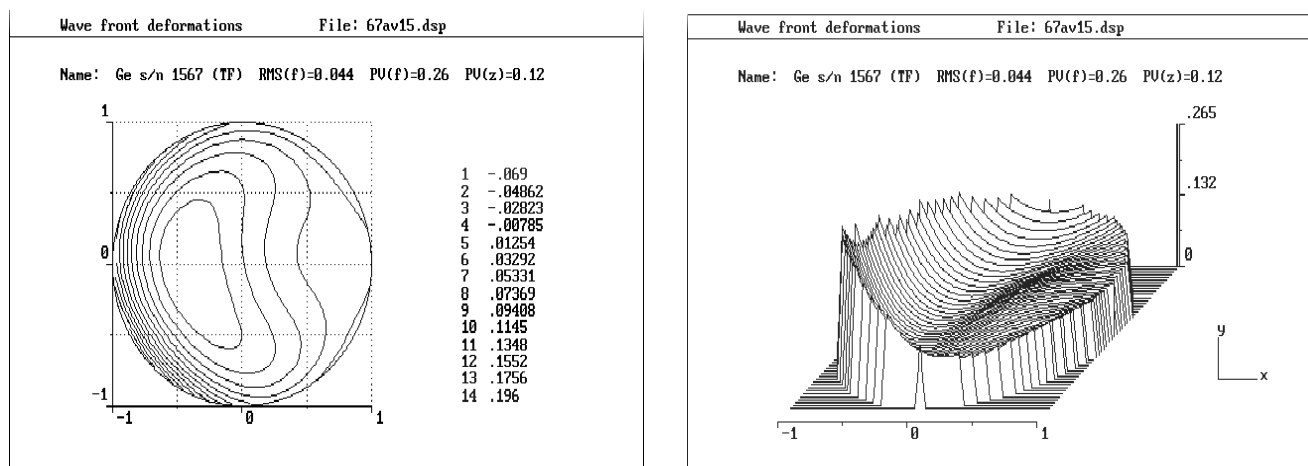


Рис. 4 Восстановленная топография волнового фронта, представленная на плоской и 3-х мерной диаграммах (окно диаметром 50.8 мм, толщиной 5 мм).

Параметры прошедшего волнового фронта зависят от оптической однородности материала и точности поверхностей. В ряде случаев необходимо определить влияние на TWD каждого фактора в отдельности и предоставить отдельные данные для каждого из них.

Интерферометрический анализ точности поверхностей проводится на длине волны 0.633 микрона в режиме измерения фазы лучей. Интерферограммы обрабатываются описанным выше способом, данные оформляются в виде плоских и трехмерных диаграмм, а также таблицы параметров.



TYDEX[®]
J.S.CO.

Домостроительная ул. 16, 194292 С.-Петербург, РОССИЯ
Тел: 7-812-3318702, -3346701; Факс: 7-812-3346702
E-mail: tydex@tydex.ru, URL: <http://www.tydex.ru>

Для того, чтобы оценить оптическую однородность материала, производится коррекция TWD путем исключения ошибки, связанной с несовершенством поверхностей (рис. 5).

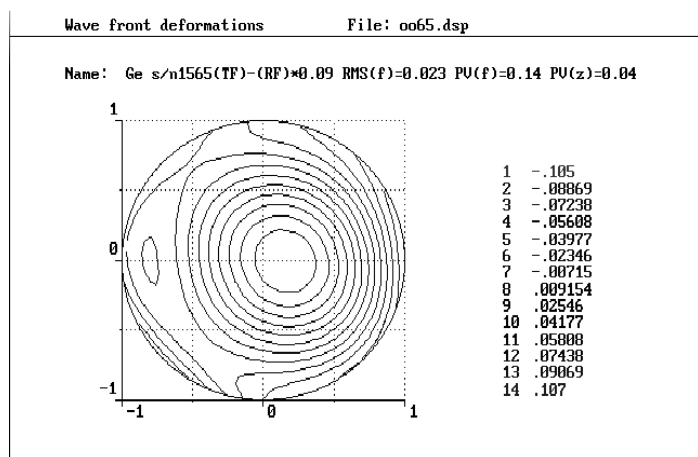


Рис. 5 Восстановленное значение ошибки волнового фронта за счет оптической неоднородности материала (исключено влияние ошибки поверхностей) представлено на плоской диаграмме. Значение TWD в чистой апертуре 36 мм равно 0.14 PV_f на 10.6 микрон. Это соответствует значению $d(n)=3 \cdot 10^{-4}$ в чистой апертуре окна. Диаметр окна = 50.8 мм, толщина = 5.0 мм.

В ряде случаев, например, при изготовлении выходных частично отражающих зеркал для CO_2 -лазера, важно добиться высокой параллельности двух поверхностей зеркала. Обычные контактные методы контроля являются недостаточно точными, чтобы произвести регистрацию малых углов клина. К тому же, при контактных измерениях всегда высок риск повреждения оптики. Применяемые нашими специалистами интерферометрические измерения позволяют определить значения клина с точностью до 1.5 угловых секунд.

Линзы

Проверка материала германиевых линз для термографии осуществляется так же, как и для окон. Однако контроль точности сферических поверхностей осуществляется с помощью пробных стекол. Для пересчета радиусов и изготовления линз мы используем парк имеющихся у нас пробных стёкол.

Максимальный диаметр линз, которые могут быть изготовлены с характеристиками, достаточными для данного приложения - 150 мм.

На линзы и окна могут быть нанесены различные типы просветляющих и защитных покрытий, включая алмазоподобное (DLC) покрытие.

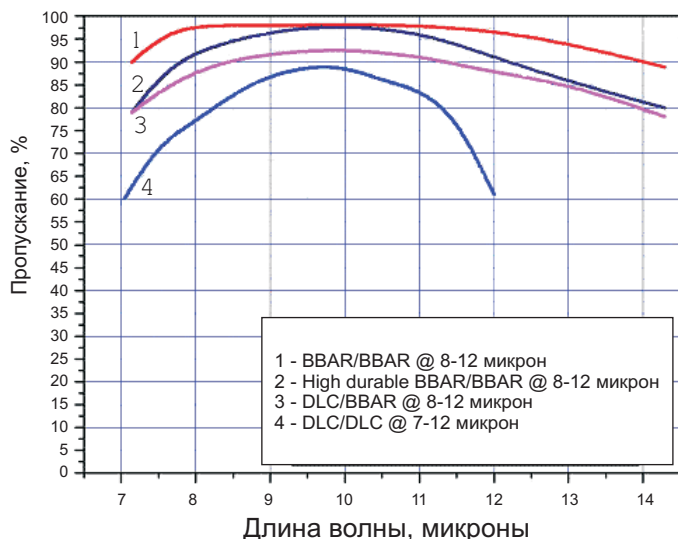


Рис. 6 Сравнительные спектры пропускания германиевых окон (толщиной 4.5 мм) с различными типами просветляющих и защитных покрытий.



TYDEX[®]
J.S.CO.

Домостроительная ул. 16, 194292 С.-Петербург, РОССИЯ
Тел: 7-812-3318702, -3346701; Факс: 7-812-3346702
E-mail: tydex@tydex.ru, URL: http://www.tydex.ru