

Comparison variants of scanning in thermal imager 2-nd generations

R. M. Aleev, R. A. Nasibullin
JOINT-STOCK COMPANY «SPC "OPTOOIL"», Kazan, Russia

Two variants of scanning in thermal imager (TI) 2-nd generations are compared: the "sawtooth" law of change angular position of scanning mirror (SM) in time and "triangular". Features of technical realization of reception thermal images in two variants of scanning have been considered. The parameters of scanning movement most essentially influence on thermal image are revealed. The mathematical analysis of influence of variants of scanning on thermal image is lead.

УДК 681.7.02

Исследование технологических факторов, влияющих на качество тонких пленок диоксида кремния в целях повышения эксплуатационных характеристик оптических сборок, изготовленных методом глубокого оптического контакта

А. К. Герасюк, А. И. Гоев, Е. Е. Гринберг, В. В. Потелов, Б. Н. Сенник, А. Б. Сухачев
ФНЦП ОАО "Красногорский завод им. С. А. Зверева", г. Красногорск, Московская обл., Россия

А. В. Ноздрачев
Счетная палата РФ, Москва, Россия

Рассмотрены преимущества призмных спектроделительных модулей, применяемых в специальных изделиях с высокой пространственной ориентацией, и некоторые особенности технологии их изготовления.

Проблема создания оптико-электронных систем для изделий с высокой пространственной ориентацией, в частности, для дистанционного зондирования Земли из космоса, передачи азимута систем прицеливания оперативно-тактических ракетных комплексов и пр., во многом зависит от успешного решения конструкторских и технологических задач, связанных с изготовлением и применением высокоточных оптических узлов в призмных спектроделительных модулях.

Важнейшими требованиями к модулям являются требования сохранности его конструктивных и оптотехнических параметров от механических, тепловых, климатических воздействий, соответствующих этапам хранения, транспортировки, выведения на заданную орбиту, а также сохранности параметров спектроделительного модуля в процессе эксплуатации.

Типовые конструкторско-технологические требования к высокоточному спектроделительному модулю приведены в табл. 1.

Таблица 1

Требования	Параметр	Номинал параметра	Погрешность	
			изготовления	контроля
Погрешность изготовления оптических поверхностей призм	$N, \Delta N$	0	0,2	0,1
Пирамидальность призм, мин	π	0	10	1
Погрешность взаимного углового положения призм, мин	β	0	5	1
Клиновидность призмного блока, мин	Y	0	30	1
Погрешность взаимного линейного положения призм, мм	S	0	0,05	0,003
Погрешность воздушного промежутка, мм	d	0,02	0,01	0,001
Интегральное отношение фон/сигнал по уровню 0,5 в области спектра от 0,4 до 1,1 мкм в каждом канале, %	Φ/C	0	8	2
Коэффициент пропускания фона, %	τ	0	< 0,2	0,1

Допустимое изменение параметров спектроде-
лительного модуля должно быть на порядок
меньше технологических погрешностей от воздей-
ствий:

- переменных температур ± 60 °С;
- механических ударов до 40 g длительностью до
2 мс;
- виброускорений в диапазоне 10—20 000 Гц;
- линейных ускорений до 12 g;
- повышенной влажности до 95 %.

Модуль должен также сохранять свои параметры
в течение 5 лет от эксплуатационных воздействий:

- невесомости;
- диапазона температур 0—20 °С;
- вакуума до 10^{-5} рт. ст.;
- специальных воздействий, соответствующих
орбите заданной высоты.

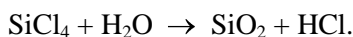
Наиболее перспективным направлением произ-
водства подобных оптических узлов является со-
единение оптических элементов методом глубокого
оптического контакта, позволяющим реализовать
предъявляемые к ним требования по:

- обеспечению заданного положения детали (де-
талей) с высокой точностью;
- надежности крепления;
- минимизации деформаций в оптических дета-
лях при климатических и механических воздейст-
виях;
- стабилизации положения и оптических харак-
теристик в заданных пределах при эксплуатации;
- улучшению массогабаритных характеристик.

Основой технологии глубокого оптического
контакта (ГОК) является нанесение тонких пленок
оксида кремния на оптические поверхности мето-
дом гидролиза.

Тонкие наноразмерные слои оксида кремния
наносит на кварцевые поверхности из паровой фа-
зы для создания возможности соединения этих
поверхностей без использования дополнительных
склеивающих реагентов.

Основная технологическая операция — нанесе-
ние тонкослойного покрытия (оксида кремния) на
поверхность кварца с использованием паров четы-
реххлористого кремния и воды — протекает по
реакции



Технология ГОК с применением оксида крем-
ния освоена на ФНПЦ ОАО "Красногорский завод
им. С. А. Зверева". Для реализации процесса оса-
ждения был использован объемный газовый реак-
тор. Компоненты вводили в реактор в форме паро-
газовой смеси с газом-носителем — азотом.

Для осаждения были испытаны образцы тетра-
хлорида кремния фирмы Aldrich (Англия), очи-
щенные дополнительной ректификацией, и фирмы

"Реа-Экс" (Россия). Содержание примесей метал-
лов в исходных образцах тетрахлорида кремния
составляло $n \cdot 10^{-6}$ — 10^{-8} мас. %. Концентрация уг-
леродсодержащих примесей в очищенном образце
тетрахлорида кремния фирмы Aldrich составляла
 $1 \cdot 10^{-1}$ мас. %, в образцах фирмы "Реа-Экс" содер-
жание углеродных примесей не превышало $5 \cdot 10^{-3}$ мас. %.

Испарение исходных воды и тетрахлорида
кремния из стеклянных барботеров производилось
путем подачи в них газообразного азота, осушае-
мого на силикагеле и цеолитах. Скорость роста
слоя контролировалась непрерывно оптическим
методом по контрольному образцу. Толщина по-
лученных слоев равнялась 160—250 нм.

Реакция проходит в основном в объеме аппара-
та осаждения, т. е. носит гомогенный характер.
В ходе реакции на поверхность изделия осаждае-
тся не более 0,1 % от содержания диоксида крем-
ния, образующегося из используемого исходного
реагента — тетрахлорида кремния. Наличие избы-
точных компонентов приводит к нежелательным
эффектам, выражающимся, в частности, в выпадении
на поверхности аппаратуры и изделий аморф-
ного порошка диоксида кремния за счет гомоген-
ной реакции в объеме.

Для снижения возможности данного нежела-
тельного процесса необходимо увеличить степень
использования тетрахлорида кремния и количест-
во максимального осаждения его на поверхности.
В процессе отработки технологического процесса
были проведены эксперименты по осаждению
слоев при изменении различных параметров про-
цесса, а именно:

- использование исходных продуктов различной
квалификации;
- термостатирование барботеров при различных
температурах;
- изменение скорости подачи газов-носителей
через барботеры.

При использовании образцов тетрахлорида
кремния различной квалификации, качество кото-
рых указано выше, было выявлено, что примене-
ние более загрязненного по углеродсодержащим
примесям вещества приводит к стабильному появ-
лению на поверхности кварца дефектов покры-
тия — "серости".

Была выявлена сильная зависимость качества
получаемых слоев от изменения соотношения газ-
зов, пропускаемых через барботеры с реагентами,
а также от изменения температуры барботеров.
Этот факт мы относим к различной степени насы-
щения парами исходных компонентов газа-
носителя. Проведенные измерения скорости уноса
реагентов через барботеры показали, что насыще-
ние паровой фазы реагентами изменяется в зави-
симости от высоты слоя жидкости, размеров пу-

Большинство образцов имело пропускание при $\nu = 4000 \text{ см}^{-1}$ ($\lambda = 2,5 \text{ мкм}$) 87—91 %, за исключением образца № 247, для которого пропускание составило 77 %. Эти цифры свидетельствуют о высокой прозрачности образцов при $\nu = 4000 \text{ см}^{-1}$.

Для всех образцов характерна интенсивная полоса с максимумом 3660 см^{-1} , относящаяся к валентным колебаниям гидроксильных групп ($\nu \text{ OH}$).

Как видно из данных табл. 4, интенсивность полосы 3660 см^{-1} возрастает в ряду образцов № 247, 576, 167, 4, 2, 1. Для образцов № 439, 150, 351, 3, 5, 312, 183 в области 3660 см^{-1} наблюдается нулевое пропускание. Причиной тому является скорее всего высокая концентрация гидроксильных групп в исследуемых образцах (возможно более 0,01 %).

Пропускание для большинства образцов при $\nu = 2650 \text{ см}^{-1}$ отличается незначительно и находится в диапазоне 23—24 %, за исключением образцов: № 167—23,5 %, № 247—21 %, № 351 и № 3—25 %.

Область полного поглощения в исследованной области спектра для всех образцов начинается с $\nu = 2300 \text{ см}^{-1}$ и продолжается до $\nu = 180 \text{ см}^{-1}$.

По сравнению с образцами кварца, используемого в оптических кюветах, в УФ-спектрах исследуемых образцов наблюдались полосы поглощения с максимумом 227 нм.

В ИК-спектрах всех исследованных образцов наблюдалась интенсивная полоса с максимумом 3660 см^{-1} , относящаяся к валентным колебаниям гидроксильных групп.

Таким образом, имеются все основания для вывода о том, что используемый для изготовления изделий кварц содержит большое число гидроксильных групп как в объеме, так и на поверхности исследованных образцов.

С точки зрения получения тонких слоев оксида кремния для создания глубоких оптических контактов используемым методом этот результат является весьма важным, поскольку наличие гидроксильных групп на поверхности образцов способствует хорошей адгезии к ней слоя, образующегося при гидролизе оксида кремния.

Неполнота гидролиза в объеме реактора и на поверхности изделия дает возможность образования промежуточного слоя оксида кремния с высокой поверхностной активностью, которая реализу-

ется в дальнейшем при создании изделий по технологии ГОК с хорошими механическими параметрами — прочностью на разрыв.

В итоге можно сделать вывод о том, что используемый технологический процесс нанесения SiO_2 , является вполне пригодным и может обеспечивать хорошую адгезию слоя диоксида кремния к поверхности заготовки.

Подготовку поверхности кварцевых заготовок к осаждению проводили различными спиртами в целях удаления масла и других примесей. Были использованы образцы метанола, этанола и изопропанола, очищенные ректификацией в насадочных колоннах, а также продукты реактивных квалификации, производимые отечественными и зарубежными фирмами Merck (ФРГ), "ЭКОС-1", "Компонент", "Реа-Экс" (Россия). Содержание примеси каждого металла в спиртах составляло 10^{-6} — 10^{-8} мас. %, примеси каждого органического соединения — 10^{-2} — 10^{-4} мас. %. Содержание примеси воды определяли методом титрования по Фишеру, для различных образцов оно составляло 1—0,05 мас. %.

Очистку поверхностей проводили промывкой в ваннах с последующими сушкой образцов, протиркой смоченными в спиртах неволокнистыми тканями, парожидкостной обработкой при температуре кипения спиртов.

Лучшие результаты по очистке поверхностей были получены при использовании парожидкостной обработки этанолом и изопропанолом с содержанием влаги на уровне не более 0,2 мас. %. При этом необходимо отметить, что абсолютизация технического этанола представляет собой дополнительную технологическую операцию, связанную с химической обработкой вещества. Имеющийся на рынке изопропанол особой чистоты всех указанных фирм полностью отвечает требованиям к исходным продуктам для процесса осаждения.

Объем выполненных работ позволил предприятию ФНЦП ОАО "Красногорский завод им. С. А. Зверева" значительно повысить стабильность контакта оптических элементов и обеспечить высокое качество прецизионных оптических сборок.

Статья поступила в редакцию 11 октября 2006 г.

The research of the technology factors, which are influenced on the quality thin films dioxide of silicon with the purpose of increasing exploitation's characteristics of optical assemblies and which are made by a method of deep optical contact

A. K. Gerasjuk, A. I. Goev, E. E. Grinberg, V. V. Potelov, B. N. Senik, A. B. Suhachev
FSPC "S. A. Zverev Krasnogorsky zavod" jsc Krasnogorsk, the Moscow region, Russia

A. N. Nozdrachev

The Accounting Chamber, Moscow, Russia

The problem of creation optico-electronic systems for products with high spatial focus, in many respects depends on the successful decision designed and the technological problems, which are connected with manufacturing and application of high-precision optical prismatic units and spectrodiving modules. The major requirement to the above-stated optical assemblies is the requirement of safety optotechnological parameters after mechanical, thermal and climatic influences during the process of exploitation. The article is devoted to problems of increase of reliability precision optical assemblies, which are made by a method of deep optical contact (DOC), namely improvement of quality of thin films dioxide of silicon (SiO₂), as a basic technological factor of this technology. The typical constructive-technological parameters of the precision spectrodiving modules are applied, which are made by method DOC.

УДК 621.383

Алгоритмы цифровой обработки ИК-изображений без калибровки по геометрическому шуму

Ю. С. Бехтин, А. А. Баранцев, А. А. Брянцев

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань, Россия

Л. Д. Сагинов, В. Н. Соляков, А. С. Медведев

ФГУП «НПО «Орион»» — Государственный научный центр РФ, Москва, Россия

Основная идея разработки алгоритма заключается в таком подходе, что любое входное изображение можно условно считать состоящим из нескольких калибровочных сегментов с разной степенью интенсивности.

Рассматриваемые алгоритмы были получены по итогам совместной работы при создании аппаратно-программного комплекса (АПК), предназначенного для обработки сигналов матричных фотоприемных устройств (МФПУ) ИК-диапазона спектра. В состав АПК входят: плата аналого-цифрового ввода-вывода АМВРСІ, персональный компьютер (ПК) и программное обеспечение (ПО)*, которое позволяло перед формированием ИК-изображения на мониторе ПК проводить предварительную калибровку по опорным источникам

излучения с низкой и высокой температурами. Впоследствии были разработаны и добавлены в ПО комплекса алгоритмы периодической калибровки, поскольку коэффициенты передачи фотоэлементов (геометрический шум чувствительности) могут значительно изменяться (дрейфовать) в рабочем режиме. Прерывания рабочего режима на калибровку всегда нежелательное действие, поэтому была поставлена задача разработать такие алгоритмы обработки ИК-изображений, которые, по крайней мере, увеличили бы в несколько раз интервал между калибровками (на текущий момент этот интервал составляет примерно 20—30 мин). В результате было получено несколько алгоритмов, которые решают поставленную задачу.

* Бехтин Ю. С., Баранцев А. А., Соляков В. Н., Медведев А. С. Построение аппаратно-программных комплексов цифровой обработки изображений фотоэлектронных модулей // Тезисы XVIII МНТК по фотоэлектронике и приборам ночного видения. — М., 2004.