

обработки, очистки сигналов от собственных шумов и шумов других компонентов устройства.

При необходимости получения изображения с высоким разрешением используют ПЗС матрицы с несколькими выводами. Перенос заряда в ПЗС-сенсоре занимает много времени. Это становится ощутимым недостатком в случае сенсоров с высоким разрешением, в которых заряд передается на центральный усилитель посредством множества операций сдвига в связи с огромным количеством пикселей. В результате накладывается ограничение на максимально возможную частоту кадров. Техническое решение в обход этой проблемы – сенсор с несколькими выводами (рисунок 4).

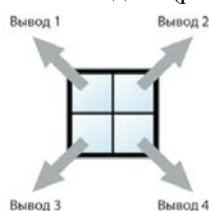


Рисунок 4 – ПЗС матрица с 4 выводами

На поверхности такого сенсора предусмотрено несколько зон вывода. Каждая такая зона оснащена собственной электронной схемой (так называемым выводом), генерирующей сигнал, который передается отдельно каждой из зон вывода. Информация изображения, получаемая в зонах вывода, переносится на более короткое расстояние, а также усиливается и считывается всеми электронными схемами вывода одновременно и, как следствие, намного быстрее. Затем из этой информации осуществляется компоновка изображения. Поскольку в процессе участвуют несколько электронных схем вывода, это обеспечивает высокое разрешение и скорость съемки, однако чрезвычайная сложность процесса представляет собой немалый недостаток. Отдельные электронные схемы вывода должны быть аккуратно установлены одна над другой. Даже малейшие отклонения приведут к видимым дефектам изображения в виде четких границ зон вывода, которые, прежде всего, будут заметны невооруженным глазом. Сенсоры с несколькими выводами, как правило, отличаются более высоким энергопотреблением, что означает усиленное

тепловыделение. Это обычно приводит к повышению уровня шума сенсора и, в частности, в определенных условиях порождает необходимость в принятии дополнительных мер по его охлаждению.

КМОП-сенсоры высокого разрешения с глобальным затвором появились совсем недавно. Большинство сенсоров ранее оснащались только технологией скользящего затвора. Многие предлагаемые сегодня КМОП-сенсоры превосходят ПЗС-сенсоры, в том числе, по качеству изображения. В настоящее время разработаны КМОП сенсоры с цифровым пикселем размером менее $1,25 \times 1,25$ мкм, которые позволяют снимать видеоизображение с разрешением 4096×2304 при скорости 60 кадров в минуту.

Высокое быстродействие КМОП матриц связано с тем, что в ПЗС матрицах сигнал передается последовательно от пикселя к пикселю, пока все сигналы не попадут в АЦП, а в КМОП матрицах сигналы из каждого пикселя сразу передаются в АЦП.

Важнейшим преимуществом КМОП матрицы является единство технологии с остальными, цифровыми элементами аппаратуры. Объединение на одном кристалле аналоговой, цифровой и обрабатывающей части является основой для миниатюризации видеокамер различного назначения и снижения их стоимости ввиду отказа от дополнительных процессорных микросхем, а также значительного уменьшения их энергопотребления. [4].

1. Снижко, Е.А. Компьютерная геометрия и графика: конспект лекций / Е.А. Снижко. – М.: М-во образования и науки Рос. Федерации, Балт. гос. техн. ун-т «Военмех», Ин-т систем упр. и упр. систем, Каф. информ. систем и компьютер. технологий. – Санкт-Петербург : Балт. гос. техн. ун-т, 2003. – 129с.
2. Rene von Fintel, White paper // Basler AG. – 2015. – No 5. – P. 1–3.
3. Манцветов, А.А. Телекамеры на КПОП фотоприёмниках / А.А. Манцветов, А.К. Цыцулин – М.: Техника телевидения, 2006. – 248 с.
4. Анацкий, А.А. КМОП сенсоры для систем визуализации изображений / А.А. Анацкий, В.Г. Назаренко // VII Междунар. форум информац. технологий. XXI Междунар. НТК «Информац. системы и технологии» ИСТ-2015. Н.Новгород, 17–19 апреля 2015 г.: сб. статей. – Новгород: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2015. – С.24–2.

УДК 535.015, 535.422

ОПТИМАЛЬНАЯ СТРУКТУРА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ УЗЛОВ

Звонкович А.В., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Космическая среда оказывает агрессивное воздействие на конструкции космических аппаратов и другие искусственные объекты, находящиеся на околоземной орбите. Резкие перепады высоких и низких температур (от $+140$ °С до -120 °С), вакуум,

солнечный ветер и другие виды случайных воздействий, вызывают деформации корпуса объектива для ДЗЗ, рамных конструкций телескопа и приводят к существенным проблемам по обеспечению высокой точности измерений для

оптико-электронных систем.

При рассмотрении конструктивных методов повышения точности измерений, можно выделить изготовление фермы с высокой геометрической стабильностью, конструкция которой имеет силовой корпус, состоящий из продольных, поперечных и диагональных криволинейных биметаллических пластин. Поскольку корпус состоит из множества таких пластин, обеспечивается размерная стабильность всего космического телескопа, не смотря на воздействие температур.

Усовершенствование данной конструкции возможно за счёт изменения материалов, а именно использования композитных материалов. В качестве активного слоя выступает пластина, выполненная из стеклопластика, а инертный слой представлен с меньшим коэффициентом линейного расширения из углепластика.

Надежность и статичность конструкции обеспечивается за счёт свойств выбранных материалов, а именно стеклопластика и углепластика.

Стеклопластик является композитным материалом, т.е. его изготавливают посредством соединения стекловолокна, выступающего в роли наполнителя, и полимерного связующего. Стекловолоконистый наполнитель является уплотняющим слоем, он обеспечивает прочность стеклопластика и устойчивость к механическим нагрузкам. Полимерное связующее предназначено для равномерного распределения напряжений между стеклянными волокнами, а так же их склеивания.

Стекловолоконные волокна обладают высокой теплоустойчивостью (1000 °C и выше), коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) при нагреве до 300 °C составляет $49 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$.

В условиях коррозионно-активных сред с температурой выше 80°C в стеклопластике возникают значительные напряжения, за счёт разности коэффициентов линейного расширения наполнителя и связующего. В данном случае играет роль процентное соотношение материалов, так при соотношении стеклонаполнителя и смолы по массе 25:27, происходит разрушение, даже без коррозионного воздействия среды. Оптимальным по массе считается соотношение 60:40. Данное условие обеспечивает высокую физическую стойкость и прочность.

Физико-механические свойства, такие как теплоустойчивость, коэффициент линейного расширения и другие, будут зависеть прежде всего от свойств связующего. Поскольку причиной возникновения поставленной проблемы является большой перепад температур, основным требованием к связующему материалу будет являться устойчивость как к низким так и к высоким температурам плавления и возгорания. Подавляющее большинство стеклопластиковых изделий изготавливается на основе ненасыщенных полиэфирных смол. К наиболее стойким и

трудновоспламеняемым относятся смолы марок ПН-6, ПН-7 и ПН-62.

Также для получения теплоустойчивых деталей используют фурановые смолы, марки ФФС или лаки марок ФЛ-1, ФЛ-2, ФЛ-10, ФЛ-12 и другие.

В качестве связующего также возможно применение фенольной смолы, не уступающей по характеристикам выше описанной. Теплоустойчивые фенольные стеклопластики выдерживают температуру 3870 °C в течение 45 с, 1650 °C в течение 5 мин и 316 °C неопределенно долгое время.

Таким образом, стеклопластик – материал, физические и химические свойства которого зависят от вида входящих в него компонентов, их количества и конфигурации укладки. Фактически, меняя схемы армирования (т.е. виды расположения стекловолокон) можно получать различные прочностные характеристики.

Удельный вес стеклопластика в 3,5 раза меньше, чем у стали, а вес двух равнопрочных деталей будет отличаться более чем в 2 раза, несмотря на более низкое значение предела прочности чем у стали, но в тоже время более высокое значение удельной прочности. Также стоит отметить, что одной из особенностей стеклопластиков является их диэлектрические свойства, низкая теплопроводность и хорошая коррозионная стойкость.

Вторым материалом, обеспечивающим размерную стабильность корпуса является углепластик – композиционный многослойный материал, образованный покрытием нескольких слоев полотна из углеродистых волокон оболочкой из термореактивных полимерных смол. Так же данный материал имеет название карбон (в настоящее время к карбонам относят все композитные материалы, в которых несущая конструкция выполнена из углеродного волокна).

Углеродное волокно представляет собой совокупность тонких нитей ($\varnothing \sim 0,005\text{--}0,01$ мм), которые не достаточно прочны при воздействии внешних нагрузок, однако имеющие высокую прочность при растяжении. Поэтому наиболее оправдано использование данного материала в качестве полотна.

Карбоновое волокно представляет собой композит, состоящий из нитей углеводорода, переплетенных с нитями резины или кевлора. Данное волокно является армирующим элементом. К тому же нити переплетают под различными углами в каждом новом слое, что обеспечивает равнопрочностные характеристики по всех направлениях. В листе карбона на 1 мм приходится 3–4 таких слоя. Затем производится пропитка эпоксидными смолами, которые окончательно скрепляет конструкцию.

Одной из важнейших характеристик конструктивных материалов является размерная стабильность детали, изготовленной из данного материала, при воздействии температур.

Для различных углепластиков теплофизические

показатели находится в следующих диапазонах:

- для коэффициентов теплопроводности 0,5...1,0 Вт/м·С;
- для коэффициентов термического расширения $(-1,5...0,5) \cdot 10^{-6}$ С;
- для коэффициента термического расширения 0,8...1,5 ккал/кг·С.

Изменением вида углеродных волокон, вводимых в полимер, их схемы армирования можно добиться существенного снижения коэффициента линейного термического расширения, поскольку для углепластика он в 15–20 раз ниже, чем у металлов (таблица 1).

Таблица 1. Значения коэффициента линейного термического расширения для материалов

| Вид материала | КЛТР·10 ⁶ , 1/°С |
|--|-----------------------------|
| Алюминий | 23,8 |
| Медь | 16,5 |
| Сталь | 15,0 |
| Высокопрочное графитированное углеродное волокно | 0,08 |

Также углепластик является наиболее прочным материалом по показателям удельной прочности и жесткости по сравнению с другими наиболее распространенными материалами (таблица 2).

Одним из основных требований конструкции космического оборудования является обеспечение малой массы входящих компонентов. Удельный вес углепластика составляет 1,7 г/см³, что почти в 2 раза легче, чем у алюминия и почти в 5 раз меньше чем у стали. Таким образом, выбор данных материалов оправдан: основной слой представлен углепластиком, так как он обладает высокими прочностными характеристиками и

теплоустойчивостью, в сравнении стеклопластиком, так же с более низким КЛТР. Введение стеклопластической пластины в поверхностный слой, обеспечит уменьшение воздействия высоких температур, за счёт низкой теплопроводности. Данный слой так же играет роль диэлектрического покрытия, защищая токопроводящий углепластиковый каркас. Обеспечение равномерности размеров конструкции возможно благодаря пропорциональности КЛТР и размеров пластин. Очевидно, что данная конструкция не только прочна и размеростабильна, но и имеет более облегченную массу, в сравнении с использованием металлических материалов. Единственным минусом на сегодняшний день может стать высокая стоимость изготовления деталей из данных материалов.

Таблица 2. Основные физико-механические свойства применяемых материалов

| Материал | Прочность при растяжении, МПа | Удельная прочность $e \cdot 10^3$, км |
|---------------------|-------------------------------|--|
| Углепластик | 780-1800 | 53-112 |
| Стеклопластик | 1920 | 91 |
| Высокопрочная сталь | 1400 | 18 |
| Титановый сплав | 1000 | 28 |

1. Проектирование адаптивного к действию градиентов температур размеростабильного корпуса космического телескопа. Ахметов, Р.Н., Сторож А.Д., Стратилатов Н.Р., Шайда А.Н., Нонин А.С., Потапова Ю.В., Кудрявцев О.Б. ФГУП ГНП РКЦ «ЦСКБ-Прогресс», г. Самара. Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. №4 (42) 2013. – С.70–75.
2. Свойства углепластика и области их применения. Б.И. Молчанов, И.И. Гудимов. Всероссийский институт авиационных материалов / 1996-202215. Журнал «Авиационная промышленность» №3-4, 1997. – 10 с.

УДК 623.4.052.52:535.8

ПОВЫШЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЖЁСТКОСТИ КОНСТРУКЦИИ КОЛЛИМАТОРНОГО ПРИЦЕЛА ЗАКРЫТОГО ТИПА

Фёдорцев Р.В.¹, Ийд Кусай Мохамад¹, Шкадаревич А.П.², Фуфаев А.В.², Рыжков С.А.¹

¹Белорусский национальный технический университет, ²Унитарное предприятие «НТЦ «ЛЭМТ» БелОМО» Минск, Республика Беларусь

Основным преимуществом коллиматорных прицелов закрытого типа по сравнению с классическими прицелами открытого типа является возможность их практического применения в сложных погодных условиях: интенсивный дождь, туман, мокрый снег и т.п. Заполнение внутренних полостей прицела азотом повышенной чистоты обеспечивает хорошее качество изображения и препятствует запотеванию оптических компонентов при перепадах температур.

Одним из современных прицелов данного вида, выпускаемых на предприятии НТЦ «ЛЭМТ» являются модель ПК-01ВС работающий в режиме

наведения на цель прямой наводкой. Вторая его модификация – модель ПКП-2С обеспечивающая работу в двух режимах: прямой наводки и прицеливание при стрельбе из-за горизонтальных и вертикальных защитных укрытий (гребни окопов, углы зданий, подоконники, стволы деревьев, камни и т.д.), за счёт применения сменной окулярной насадки с углом поворота 360° [1].

Коллиматорный прицел устанавливается на автоматы АК всех модификаций и другое автоматическое стрелковое оружие, имеющее посадочное место в виде направляющей планки типа «ласточкин хвост», расположенной на боковой поверхности ствольной коробки. Для