

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ СИСТЕМ ОЧУВСТВЛЕНИЯ РОБОТОВ

Татмышевский К.В.

Владимирский государственный университет, г. Владимир

Ключевые слова: механолюминесцентный сенсор, очувствление роботов.

Аннотация. В докладе рассмотрены конструктивные особенности механолюминесцентных сенсорных элементов, преобразующих динамические механические воздействия в световые сигналы. Сформулированы основные требования к конструкции таких сенсоров и приведено описание конструкции сенсоров различных типов.

Эффективность применения робототехнических и мехатронных систем в значительной степени определяется работой сенсорных устройств, поставляющих первичную информацию о внешних воздействующих факторах и состоянии самой системы. Все более усложняющиеся условия функционирования изделий предъявляет к сенсорам высокие требования по помехоустойчивости к электромагнитным помехам, быстродействию, надежности, информативности, избирательности, миниатюрности и возможности встроенности в конструкцию изделия.

Механолюминесцентные сенсоры (МЛС) отвечают многим из предъявляемых требований. Такие сенсоры осуществляют непосредственное преобразование механической энергии в энергию оптического излучения. Здесь использование выходных световых сигналов решает задачи сопряжения сенсоров с волоконно-оптическими линиями связи и кардинального повышения помехоустойчивости к электромагнитным помехам, отсутствие движущихся частей, твердотельность и планарность сенсора обеспечивают надежность, а использование помимо амплитудно-временных параметров оптического сигнала его пространственной модуляции повышает информативность за счет реализации тактильных свойств.

Конструктивно МЛС представляет собой тонкослойный элемент, в состав которого входит мелкодисперсный порошок люминофора и прозрачный связующий материал. Наилучшими механолюминесцентными свойствами из исследованных обладает электролюминофор ЭЛС-580С (ZnS:Mn) [1]. Оптимальная толщина сенсора не превышает 20...100 мкм, что определяется дисперсным составом зерен люминофора и особенностями распространения света в мелкодисперсных слоях. Малая толщина МЛС позволяет изготавливать миниатюрные гибкие пленочные конструкции, которые можно встраивать в схватывающие устройства роботов и другие конструктивные элементы мехатронных систем, подвергающиеся внешним механическим воздействиям.

Структурная схема информационной цепи с МЛС, раскрывающая преобразование энергии, показана на рис. 1. Схема соответствует структуре опто-электронной пары и включает МЛС (излучатель), фотоприемник (ФП) и оптический канал связи между ними. Здесь на входе МЛС действует импульс давления $\sigma(t)$, вызывающий напряженно-деформированное состояние кристаллов люминофора. В процессе деформирования люминофор излучает световой сигнал $\Phi(t)$.

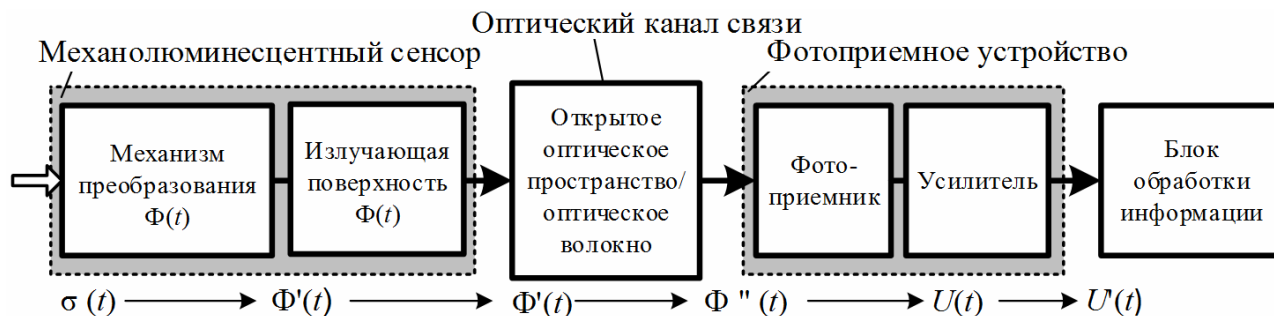


Рис. 1. Схема преобразования энергии в информационной цепи с МЛС

Физический принцип работы, математическая модель сенсора и его основные свойства рассмотрены в работе [1].

Однако, следует отметить, что в отличие от фото- и электролюминесцентных свойств, механолюминесцентные свойства характеризуют как применяемый механолуминофор, так и конструкцию сенсора. Это связано с импульсным механическим характером входного воздействия на МЛС. Поэтому выходной поток излучения в значительной степени зависит от того, возможна ли в данной конкретной конструкции эффективная передача механической энергии к сенсору. Основные требования к конструкции МЛС можно сформулировать в следующем виде: 1) конструкция должна обеспечивать, во-первых, эффективный подвод энергии импульса давления к МЛС, а, во-вторых, вывод излучения с его поверхности в оптический канал связи; 2) сенсор должен формировать импульс оптического излучения с амплитудой и длительностью, обеспечивающими надежную регистрацию фотоприемником; 3) выходной оптический сигнал должен иметь информативные параметры (параметр), позволяющие однозначно определять основные параметры входного импульса давления; 4) конструкция сенсора должна быть планарной, гибкой, обеспечивать защиту от внешних воздействий, а используемые материалы не должны ухудшать механические и оптические свойства механолуминофора.

В процессе экспериментальной отработки было протестировано несколько конструкций сенсоров, изготовленных из затвердевшей взвеси люминесцентного порошка в жидком прозрачном связующем веществе. В качестве связующих веществ применялись эпоксидные смолы и прозрачные клеевые составы различных марок. Однако сенсоры, полученные на основе этих связующих веществ, обладали недостаточной гибкостью и разрушались при нескольких циклах импульсных механических воздействий. Кроме того, трудно было добиться равномерной толщины сенсора. Лучшими механическими свойствами и отсутствием чувствительности к изгибным нагрузкам обладают плёночные сенсоры, изготовленные на основе прозрачной полиэтилентерефталатной пленки типа «К» толщиной 5 мкм, одна сторона которой была покрыта термореактивным клеящим составом. Частицы мелкодисперсного люминесцентного порошка равномерно наносились на клеевую сторону пленки, а затем при нагреве закреплялись на ней. Затем две пленки складывались вместе клеевыми сторонами друг к другу и под прессом снова нагревались. В результате получались герметичная, тонкая и гибкая конструкция. Неравномерность распределения люминесцентного порошка проверялась под микроскопом методом прямого подсчета частиц на единице площади и не превысила 7%.

Можно выделить два основных типа конструкции МЛС, которые подверглись опытной проверке, подтвердившей их работоспособность. Конструкции различаются пространственно-геометрическими параметрами. МЛС сосредоточенного типа имеет размеры приблизительно равные размерам фотоприемного окна одноэлементного ФП. МЛС распределенного типа имеет размеры, значительно превышающие размеры входного окна матричного ФП. Здесь сенсор формирует световые образы, соответствующие воздействующим полям механических напряжений и реализует функцию тактильной чувствительности [2].

Основным конструктивным требованием для сенсоров обоих типов является обязательное наличие твердой прозрачной подложки, обеспечивающей требуемое напряженно-деформированное состояние механолуминофора. В качестве подложки могут использоваться компоненты обычной или волоконной оптики, оптическая керамика.

Третий вариант конструктивного исполнения МЛС можно назвать встроенным или интегрированным в конструкцию изделия [3]. Здесь сенсор (механолуминоесцентный материал) встроен внутрь конструктивных элементов изделия, например, изготовленных из светонепроницаемых композиционных материалов. Оптический сигнал от МЛС может передаваться к ФП по сети кварцевых волокон, армирующих композит.

Список литературы

1. Татмышевский К.В. Механолуминоесцентные сенсорные устройства сосредоточенного и распределенного типов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. № 2. С. 43-49.
2. Татмышевский К.В., Павлов Д.Д. Механолуминоесцентные сенсоры для тактильного очувствления роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2012. № 3. С. 27-30.
3. Sage I., Humberstone L., Oswald I., Lloyd P., Bourhill G. Getting light through black composites: embedded triboluminescent structural damage sensors// Smart Mater. Struct. 2001, № 10, p. 332-337.

Сведения об авторах:

Татмышевский Константин Вадимович – д.т.н., доцент, профессор ВлГУ, г.Владимир.

FEATURES OF THE DESIGN OF MECHANOLUMINESCENT SENSORS FOR THE SYSTEMS OF SENSITATION OF ROBOTS

Tatmyshevskiy K.V.

Keywords: mechanoluminescent sensor, sensing of robots.

Abstract. The report discusses the design features of mechanoluminescent sensor elements that convert dynamic mechanical effects into light signals. The basic requirements for the design of such sensors are formulated and a description of the design of sensors of various types is given.

References

1. Tatmyshevskiy K.V. Mechanoluminescent sensor device concentrated and distributed types // Mechatronics, automation, control. 2005, No. 2, p. 43-49.
2. Tatmyshevskiy K.V., Pavlov D.D. Mechanoluminescent sensors for tactile sensing of robots // Mechatronics, automation, control. 2012, No. 3, p. 27-30.
3. Sage I., Humberstone L., Oswald I., Lloyd P., Bourhill G. Getting light through black composites: embedded triboluminescent structural damage sensors. Smart Mater. Struct. 2001, No. 10, p. 332-337.