

ПОЛИМЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АНАЛОГОВЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ

А.Новожилов, к.х.н. admin@niifp.ru,
А.Сафонов, к.т.н. asaf@niifp.ru

Интерес к датчикам давления с линейной переходной характеристикой на основе полимерных материалов обусловлен, прежде всего, потребностями робототехники, применяемой в различных областях индустрии, и медицины [1]. Датчик давления для определения формы предметов, состоящий из матрицы активных элементов, должен иметь следующие основные характеристики: пространственную разрешающую способность не хуже нескольких миллиметров, достаточно большую (десятки квадратных сантиметров) площадь, чувствительность к давлению, линейность переходной характеристики, большой динамический диапазон, незначительный гистерезис, устойчивость к вибрационным и температурным воздействиям. Кроме того, желательно, чтобы датчики имели низкую стоимость. В основном все эти характеристики определяются типом чувствительного элемента, воспринимающего давление.

Чувствительный элемент может представлять собой упругий материал, преобразующий возникающую при приложении давления деформацию в электрический сигнал, а также микромеханическое (МЭМС) устройство или электронное устройство (например, конденсатор), комбинированное с микроэлектронными элементами и преобразующее давление в электрический сигнал. Матрица чувствительных элементов образуется взаимно перпендикулярными проводящими шинами, в пересечениях которых они располагаются.

Датчики на основе МЭМС обладают наилучшими характеристиками по чувствительности, динамическому диапазону и линейности, однако восприимчивы к вибрации. Основным же их недостатком является сложность технологии монтажа и высокая стоимость создания на их основе двумерных датчиков давления большой площади.

По существу, двумерный датчик давления на основе МЭМС представляет собой гибридную интегральную схему на гибкой подложке со всеми присущими гибридным схемам недостатками, прежде всего, низкой надежностью и высокой стоимостью.

Датчики на основе материалов, которые изменяют свои электрические свойства при приложении давления, обладая худшими параметрами по линейности, динамическому диапазону и чувствительности, все же лучше подходят для создания двумерных сенсоров большой площади. Простая конструкция чувствительного элемента (рис.1), представляющего собой тензорезистивный материал, расположенный между двумя проводящими поверхностями, позволяет при построении матричных сенсоров использовать в качестве проводящих поверхностей сами шины, образующие матрицу [2].

Были исследованы ряд полимеров, обладающих тензорезистивными свойствами, которые могут быть использованы для создания матричных датчиков давления большой площади на гибких подложках.

Большинство полимеров – это хорошие диэлектрики, но при введении в них проводящих материалов они становятся проводящими. Проводимость возрастает пропорционально количеству введенного проводящего материала и зависит от размеров и формы его частиц. Поскольку термопластичные полимеры в высокоэластическом состоянии способны к обратимым деформациям при приложении и снятии нагрузки, композиционный материал будет менять свою проводимость в зависимости от нагрузки из-за изменения расположения и числа контактов проводящих частиц. Таким образом, для изготовления датчика давления с линейной зависимостью проводимости от нагрузки на основе композиционного полимерного материала необходимо: во-первых, выбрать термопластический полимер с необходимыми термомеханическими свойствами; во-вторых, выбрать тип проводящего материала и определить его количество в композите и, в-третьих, разработать технологию формирования слоя композита заданной толщины на подложке.

Исходный полимер для создания тензорезистивного композита должен хорошо растворяться в органических растворителях; образовывать пленки на подложках различного типа с высокой адгезией; иметь температуру стеклования (она определяет температурный диапазон работы датчика

и чувствительность к изменению нагрузки) в диапазоне 10–20°C. Выбор класса акриловых полимеров из существующих полимеров был обусловлен доступностью исходных мономеров, простотой синтеза и совместимостью мономеров при синтезе сополимеров заданного состава.

Синтез сополимеров проводился методом радикальной полимеризации в растворе бутилацетата при температуре 95°C, в качестве инициатора полимеризации использовалась перекись бензола в количестве 0,3% от смеси мономеров. Смесь мономеров и инициатора полимеризации при перемешивании растворителя прибавлялась в течение двух часов при указанной температуре, затем нагревалась четыре часа до завершения полимеризации. Полученный 20%-раствор сополимера осаждался изопропиловым спиртом, осажденный сополимер промывался изопропиловым спиртом и высушивался при температуре 60°C в течение 24 ч. Молекулярная масса сополимера – 150 тыс. ед. Для сополимера с температурой стеклования 12°C весовое соотношение мономеров метилметакрилат: бутилакрилат: акриловая кислота составляет 50:45:5. Изменяя соотношение мономеров в составе сополимера, можно синтезировать сополимеры с температурой стеклования от 100°C до -50°C.

Для изготовления проводящих паст на основе полимеров используются металлические наполнители – серебро, медь, никель, обеспечивающие высокую проводимость. Содержание металла в полимерной пасте составляет 83–85%. Реже в качестве наполнителя используется графит.

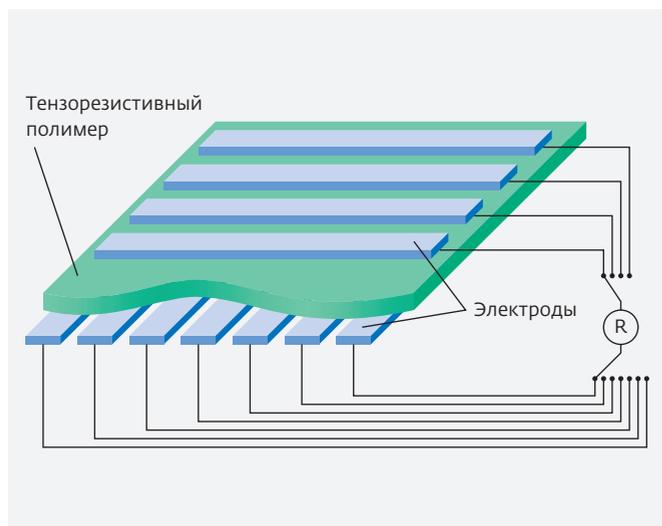


Рис.1. Двумерный тактильный датчик на основе тензорезистивного полимера

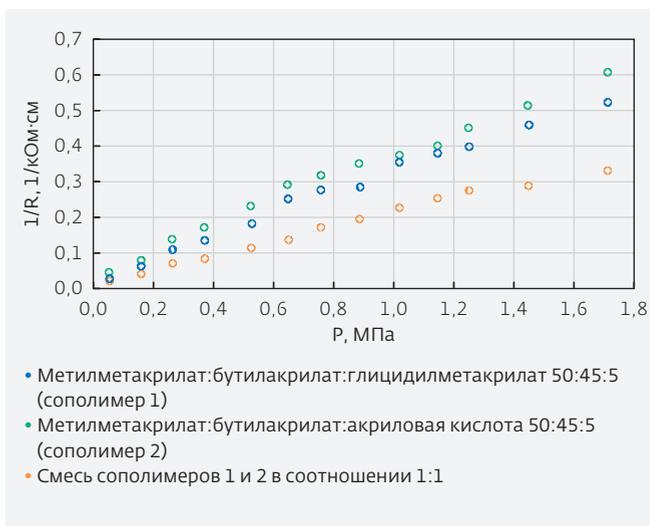


Рис.2. Зависимость проводимости полимерного композита разного состава от давления

С целью повышения стабильности растворов в качестве наполнителя был выбран графит марки С-1 с размером частиц 1 мкм. При меньшей проводимости графит по сравнению с металлическими наполнителями имеет намного меньший удельный вес и высокую устойчивость к окислению, он совместим с полимером и выбранным растворителем – этилцеллозольвом.

Составы для формирования слоев композита на подложке готовились путем растворения сополимера в этилцеллозольве (2 г сополимера в 2 г этилцеллозольва). После полного растворения к раствору добавлялось 2 г порошка графита. Смесь тщательно перемешивалась до образования вязкой однородной массы и с помощью ракеля через трафарет из лавсана толщиной 180 мкм наносилась на подложку с напыленным слоем металла. Подложка сушилась в термостате при температуре 60°C в течение одних суток. После сушки толщина слоя полимер-графитового композита составляла 80 мкм. Затем на этот слой через маску напылялся медный электрод.

Измерения зависимости проводимости композита от нагрузки проводились на измерительном стенде, который представлял собой шток с наконечником на конце, выполненным из жесткой резины, скользящий в направляющей втулке.

Измерения проводились для различных комбинаций состава композита (доля углерода 50%), способов и режимов его изготовления.

Зависимости носят линейный характер в диапазоне от сотых долей до единиц мегапаскалей, чувствительность к давлению меняется, но незначительно. Величина гистерезиса в процессе приложения-снятия нагрузки составляет 10–15%. Динамический диапазон составляет несколько десятков.

Таким образом, на базе исследованных полимерных композитов можно создавать матричные датчики давления с линейной характеристикой и диапазоном нагрузок, обеспечивающим решение достаточно широкого класса задач в области определения формы предметов. С другой стороны, из-за наличия гистерезиса и зависимости параметров от режима получения композита, датчики описанного типа нельзя использовать для измерения давления с высокой точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Pedro Silva Girão, Octavian Postolache, José Miguel Dias Pereira.** Tactile sensors and their use in industrial, robotic and medical applications. – IMEKO 20th TC3, 3rd TC16 and 1st TC22 International Conference. Cultivating metrological knowledge. 27–30 November, 2007, Merida, Mexico.
2. **Dargahi J. and Najarian S.** Advances in tactile sensors design/manufacturing and its impact on robotics applications. – Industrial Robot International Journal, 2005, v. 32, iss. 3, p. 268–281.

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



Цена 370 руб.

СКАНИРУЮЩАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ МИКРОСКОПИЯ И РЕНТГЕНСПЕКТРАЛЬНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ

М.М.Кристал, И.С.Ясников, В.И.Полунин, А.М.Филатов, А.Г.Ульяненок

Книга посвящена вопросам практического применения сканирующей (растровой) электронной микроскопии с рентгеноспектральным микроанализом. В первой части описаны основные принципы и устройства, используемые в сканирующей электронной микроскопии. При этом изложен минимум информации, необходимый для понимания возможностей этого метода, правильной постановки задач для сканирующей электронной микроскопии и интерпретации результатов исследований. Во второй части подробно разобрано и систематизировано более 50 примеров практического применения сканирующей электронной микроскопии с рентгеноспектральным микроанализом. Большинство примеров относится к деятельности заводской лаборатории и иллюстрирует решения практических задач. Приведены также примеры решения некоторых достаточно сложных исследовательских задач, в том числе требующих привлечения сопутствующих методов исследования.

Книга предназначена для инженеров, аспирантов и студентов, повышающих свою квалификацию или обучающихся по специальностям, связанным с машиностроением и материаловедением.

М.: Техносфера, 2009 – 208 с.
ISBN 978-5-94836-200-7

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

☎ 125319 Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; knigi@technosphaera.ru, sales@technosphaera.ru