

## Применение материалов Rogers Corporation на космических объектах.

Высокочастотные материалы корпорации Rogers на протяжении многих лет применяются в космической аппаратуре в антеннах, делителях мощности, приемопередающих устройствах и в источниках питания. Типы используемых материалов – от RT/duroid до TMM. В настоящее время в нескольких программах нашли применение материалы серии 4000. Не существует отдельной категории материалов, которая бы означала «сертифицировано для применения в космосе». Подобная сертификация осуществляется лишь для готовой аппаратуры. NASA предъявляет к используемым материалам следующие требования: устойчивость к дегазации, измеряемая по общей убыли массы (TML, Total Mass Loss), содержание летучих конденсируемых материалов (CVCM, Collected Volatile Condensable Materials) и содержание восстановленных водяных паров (WPR, Water Vapor Recovered). Применяемые материалы должны иметь значение параметра TML менее 1%, а CVCM и WPR должны быть менее 0,1%. Значения перечисленных параметров, номинальная диэлектрическая проницаемость и тангенс угла потерь на частоте 10 ГГц для материалов, испытанных NASA, представлены в табл. 2. Как видно, многие материалы корпорации Rogers соответствуют требованиям NASA по устойчивости к дегазации. Эти данные, а также обширную базу данных по различным материалам, можно найти на сайте NASA: <http://misspiggy.gsfc.nasa.gov/>.

Устойчивость к дегазации не единственное требование к свойствам материалов. Из-за резких перепадов температур окружающей среды следует выбирать материалы с высокостабильными электрическими и механическими свойствами. Чем меньше температурный коэффициент диэлектрической проницаемости  $T_{\text{сег}}$ , тем меньше температурный уход частоты; чем меньше коэффициент расширения по оси Z (СТЕ), тем выше надежность покрытий сквозных отверстий. В табл. 1 представлены указанные параметры для материалов, приведенных в табл. 2.

На основании данных, приведенных в табл. 1, наиболее подходящими материалами для использования в космических программах являются RT/duroid 6002, TMM 3, TMM 10 и RO4003. Для многослойных конструкций лучше использовать RT/duroid 6002 и RO4003, в то время как материалы типа TMM, благодаря их жесткости, применяются для замены керамики. Материалы RT/duroid 5870, RT/duroid 5880, RT/duroid 6010 могут и уже используются в различных космических приложениях, с принятием дополнительных мер для компенсации более высоких значений параметров  $T_{\text{сег}}$  и СТЕ.

В целом, корпорация Rogers предлагает широкий спектр высокочастотных материалов, многие из которых идеально подходят для использования в космических программах. Выбор наилучшего материала для каждой отдельной задачи определяет разработчик исходя из технического задания.

Таблица 1. Значения параметров  $T_{\text{сег}}$  и СТЕ для материалов Rogers

	RT/duroid 5870	RT/duroid 5880	RT/duroid 6010	RT/duroid 6002	TMM 3	TMM 10	RO4003
$T_{\text{сег}}$ , ppm/°C, от -50 до 150 °C	-115	-125	-425	+12	+39	-39	+40
СТЕ (Z), ppm/°C, от 0 до 100 °C	173	237	24	24	20	20	46

Таблица 2

## Устойчивость к дегазации ламинатов Rogers

	<b>RT/duroid 5870</b>	<b>RT/duroid 5880</b>	<b>RT/duroid 6010</b>	<b>RT/duroid 6002</b>	<b>TMM 3</b>	<b>TMM 10</b>	<b>RO4003</b>
<b>Струк-тура</b>	Композитный PTFE* материал, усиленный нетканым микростекловолоконом	Композитный PTFE материал, усиленный нетканым микростекловолоконом	Композитный PTFE материал с керамическим наполнителем и наполнителем из нетканых материалов.	Композитный PTFE материал с нетканым керамическим наполнителем.	Устойчивые к изменениям температуры ламинаты с керамическим наполнителем.	Устойчивые к изменениям температуры ламинаты с керамическим наполнителем.	Термостойкий материал с керамическим наполнителем, усиленный стекловолоконном
<b>Диэлектрическая проницаемость</b>	<b>2,33</b>	<b>2,2</b>	<b>10,2</b>	<b>2,94</b>	<b>3,27</b>	<b>9,2</b>	<b>3,38</b>
<b>Тангенс угла потерь</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0009</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0012</b>	<b>0,0020</b>	<b>0,0023</b>	<b>0,0027</b>
<b>TML, %</b>	<b>0,05</b>	<b>0,03</b>	<b>0,03</b>	<b>0,02</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,06</b>
<b>CVCM, %</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,01</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>WVR, %</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	<b>0,01</b>	<b>0,03</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>

- - PTFE- политетрафторэтилен

*Microwave Materials Division, сентябрь 1999 г*