

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

| | RT/duroid 5870 | RT/duroid 5880 | RT/duroid 6010 | RT/duroid 6002 | TMM 3 | TMM 10 | RO4003 |
|--------------------------------------|---|--|--|---|---|---|---|
| Струк-тура | 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 стекловолокном |
| Диэлектрическая проницаемость | 2,33 | 2,2 | 10,2 | 2,94 | 3,27 | 9,2 | 3,38 |
| Тангенс угла потерь | 0,0012 | 0,0009 | 0,0023 | 0,0012 | 0,0020 | 0,0023 | 0,0027 |
| TML, % | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,06 | 0,06 |
| CVCM, % | 0 | 0 | 0 | 0,01 | 0 | 0 | 0 |
| WVR, % | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,02 |

- - PTFE- политетрафторэтилен

Microwave Materials Division, сентябрь 1999 г