

защиты информации при разработке приемопередающих модулей, усилителей и других устройств диапазона КВЧ.

## **РАДИОПОГЛОЩАЮЩИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПОРОШКОВ ДИОКСИДА ТИТАНА И ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА**

В.М. Мулугета, Х.А.М. Айад, А.М.А. Мохаммед, В.А. Богуш

При проектировании и создании экранирующих электромагнитное излучение помещений должны использоваться строительные материалы, изделия и конструкции, обеспечивающие соблюдение требований безопасности. Для создания таких помещений могут использоваться отделочные материалы, представляющие собой связующее с электропроводящими наполнителями, в качестве которых чаще всего используют порошки металлов и углерода. Для связывания частиц порошков могут применяться краски и отделочные смеси.

В данной работе представлены результаты исследования материалов порошка  $TiO_2$  и технического углерода (засыпные конструкции). Содержание материалов в первом образце составляет 20%  $TiO_2$  и 80% технического углерода; во втором, 40% на 60%; в третьем, 60% на 40%; в четвертом, 80% на 20% соответственно. Результаты показывают, что в диапазоне частот от 8 до 12 ГГц, коэффициент ослабления достигает  $-10$  дБ, в случае первого образца, и не ниже  $-29$  дБ для четвертого образца. Также  $TiO_2$  и технический углерод добавляли в огнестойкую краску «Агнитерм», с тем же процентным соотношением материалов в образцах на 60 г краски. Результаты показывают, что при частоте в 10 ГГц коэффициент ослабления для всех образцов достигает  $-12...-11$  дБ, а на частотах 8–9,5 и 10,5–12 ГГц имеет уменьшающий и увеличивающий характера соответственно в пределах от  $-12$  до  $-10$  дБ. При добавлении металла, коэффициент ослабления для первого образца на частоте 9 ГГц достиг  $-4,5$  дБ и на частоте 11 ГГц  $-6,4$  дБ.

### **Литература**

1. Cui Y., Du H., Wen L. // Journal of Materials Science & Technology. 2008. V. 24. P. 675–689.
2. Kumar S.G., Devi L.G. // The Journal of Physical Chemistry A. 2011. V. 115 (46). P. 13211–13241.
3. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты / В.А. Богуш [и др.] ; под ред. Л.М. Лынькова. Минск, 2003.
4. Здания и сооружения, строительные материалы и изделия. Безопасность : ТР 2009/013/ВУ. Введ. 01.08.2010. Минск: БелГИСС, 2012. 31 с.

## **СВЧ ГЕНЕРАТОРЫ С МАЛЫМ УРОВНЕМ ФАЗОВЫХ ШУМОВ**

В.В. Муравьев, С.А. Корневский, Н.М. Наумович, П.И. Карпович

Современные системы телекоммуникаций требуют обеспечения малого уровня фазовых шумов излучаемого сигнала при воздействии различных дестабилизирующих внешних факторов (вибрация, удары, акустический шум, температура, влажность и т.д.). На сегодняшний день одним из важнейших устройств радиоэлектронной аппаратуры, является кварцевый генератор.

Несмотря на проведение огромного количества работ по уменьшению фазовых шумов кварцевых генераторов их применение в радиоэлектронной аппаратуре не всегда позволяет обеспечить требуемый уровень фазовых шумов формируемых СВЧ сигналов. Основные проблемы, возникающие при использовании задающего кварцевого генератора, связаны с необходимостью умножения его частоты, что приводит возрастанию фазовых шумов на  $20\lg N$  дБ, где  $N$  – кратность умножения. Поэтому в настоящее время широкое применение находят принципиально вибро-акустоустойчивые керамические резонаторы [1], работающие в диапазоне СВЧ и линии задержки. Проведенные исследования показывают возможность уменьшения фазовых шумов СВЧ генераторов путем применения частотного детектора на линии задержки, формирующего сигнал ошибки, обусловленной частотными шумами генератора. Требуемые значения задержки сигнала  $t_s = 10-5$  с. Результаты моделирования показывают возможность уменьшения фазовых шумов генератора на 15–20 дБ.

### **Литература**

1. Хитровский В.А., Бугай В.М., Сидько В.И. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 2007. № 2. С. 4–7.