

Технологические аспекты создания диэлектрических резонаторов со сверхвысокой добротностью для твердотельных СВЧ генераторов

Представлены результаты исследований по разработке диэлектрических резонаторов (ДР) в системе оксидов Ва–Mg–Та со сверхвысокой добротностью для твердотельных СВЧ генераторов. Данные диэлектрические резонаторы не имеют опытного производства в России. Особенность данных исследований заключается в использовании особой спекающей добавки и системы прессования заготовок. На текущий момент достигнуты следующие параметры $Q_0 \sim 18000$ на 9 ГГц. Определены направления дальнейших исследований для увеличения Q_0 разрабатываемых ДР и оптимизации технологии их изготовления.

Ключевые слова: диэлектрический резонатор, твердотельные СВЧ генераторы, сверхвысокая добротность, функциональная керамика.

Данное исследование является продолжением задельных работ в рамках подготовки к ФЦП 2025.

Развитие СВЧ электроники в значительной степени базируется на достижениях в области создания новых функциональных материалов и изделий из них [1].

Ярким примером этого являются диэлектрические резонаторы, которые остаются эффективным и широко используемым элементом ЭКБ для резонансных систем твердотельных и комплексированных приборов и устройств техники СВЧ. Устройства на диэлектрических резонаторах (ДР) отличаются малыми габаритами и массой, стабильностью параметров, простотой конструкции и используются в системах связи, телевидения и радиолокации [2].

Для изделий специального назначения, как правило, характерны повышенные требования к электропараметрам ДР [3]. Применение ДР со сверхвысокой добротностью в устройствах СВЧ-связи позволяет снизить уровень шумов, обеспечить более надежную защиту информации, использовать в более высоком частотном ($X - Ka$) диапазоне длин волн. Известны выпускаемые за рубежом ДР со сверхвысокой добротностью ($Q_0 \geq 20000$ на $F_0 \sim 10$ ГГц) из материала в системе оксидов Ва–Mg–Та (БМТ) с $\epsilon \sim 24$ [4]. В связи с этим, создание отечественного аналога диэлектрических резонаторов со сверхвысокой добротностью является актуальным.

Представлены результаты технологических исследований по изготовлению керамического материала с $\epsilon \sim 24$ в системе оксидов Ва–Mg–Та ($Ba(Mg_{1/3}Ta_{2/3})O_3$) и диэлектрических резонаторов из него со сверхвысокой добротностью для твердотельных изделий СВЧ.

Проведены исследования зависимости основных технологических факторов изготовления материала БМТ и ДР из него на электропараметры ДР. Установлена зависимость величины Q_0 и температурного коэффициента частоты (ТКЧ) ДР от типа и количества использованной добавки. Исследована зависимость электропараметров от гранулометрии материала БМТ. Проведен анализ гранулометрического состава исходных

порошков, шихты материала после помола, который в дальнейшем позволил отработать режим помола и увеличить Q_0 .

Особенность данной разработки заключается в использовании особой спекающей добавки, системы прессования заготовок и отработке относительно длительного процесса спекания.

Получены образцы ДР с параметрами $Q_0 \sim 18000$ на $F_0 \sim 9$ ГГц, $TKЧ \sim (1 \dots 4) * 10^{-6} 1/^\circ C$.

Библиографический список

1. Окадзаки, К. Технология керамических диэлектриков/ К. Окадзаки; перевод с японского М. М. Богачихина, Л.Р. Зайонца.– М.: «Энергия».– 1976.–336 с.
2. Ильченко, М. Е. Диэлектрические резонаторы/ М. Е. Ильченко, Л.Г. Взятыхшев, Л.Г. Гасланов; Под ред. М. Е. Ильченко.– М.: Радио и связь, 1989.– 328 с.
3. Соколов, И. А. Применение диэлектрических резонаторов в генераторах сантиметрового и миллиметрового диапазонов/ Соколов, И. А.// Электронная техника. Микроэлектронные устройства.– 1990.– №10.– 36–39 с.
4. Chen, X. M. Sinterability improvement of $Ba(Mg_{1/3} Ta_{2/3})O_3$ dielectric ceramics/ Chen X. M., Suzuki Y., Sato N.// Journal of Materials Science: Materials in Electronics.– 1994.–5 с.