

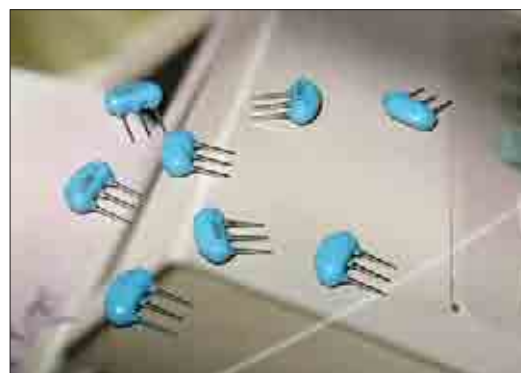
Керамические резонаторы Murata

Компанией Murata выпускается огромный ассортимент радиоэлектронных компонентов, на основе керамических материалов. В статье рассказывается о керамических резонаторах, использующих пьезоэлектрические свойства керамики.

Юрий Левашов

Support@alkon.net

Компания Murata была основана в 1944 году и изначально являлась производителем керамических конденсаторов. Со дня своего основания компания значительно расширила ассортимент выпускаемой продукции — это конденсаторы и резисторы, ЕМI-фильтры, керамические резонаторы и многое другое. Отличительной особенностью продукции фирмы является то, что большинство изделий изготовлено на основе керамики. Компанией в полной мере используются удивительные свойства керамических материалов, что позволяет ей создавать высококачественную продукцию, признанную многими специалистами во всем мире. Керамика — это материал, похожий на обожженную глину,



изготавливаемый путем спекания в специальных печах различных, очищенных на атомарном уровне, материалов. Путем добавления различных примесей, изменением температуры и атмосферных характеристик процесса обжига можно менять свойства керамических материалов, что, в свою очередь, дает практически безграничный простор для деятельности. Керамические технологии Murata всеобъемлющи. Применение революционных технологий, ежегодная регистрация нескольких тысяч патентов, связанных с усовершенствованием и развитием производственного процесса — все это ставит компанию Murata в мировые лидеры и говорит о ее технологической мощи.

Статья является продолжением начатого цикла публикаций о продукции Murata, в ней речь пойдет об изделиях, использующих пьезоэлектрические свойства керамики, в частности, о керамических резонаторах.


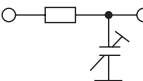


Процесс разработки резонаторов на основе пьезоэффекта в керамике принадлежит фирме Murata и запатентован под товарным знаком Ceralock®.



Таблица 1. Вид колебания и частотный диапазон

Вид колебания	Иллюстрация	Частота (Гц)						
		1к	10к	100к	1М	10М	100М	1Г
Гибкие колебания		#	#	#				
Продольные колебания				#	#			
Пространственные колебания					#	#		
Радиальные колебания					#	#		
Колебания в толще пластины						#		
Трапецевидные колебания						#	#	
Поверхностно-акустические волны							#	#

Таблица 2. Сравнительные характеристики осцилляторных элементов

Наименование	Символьное обозначение элемента	Цена	Размеры корпуса	Необходимость настройки	Отклонение частоты от номинала	Температурная стабильность
LC-контур		недорогая	большой	требуется регулировка	+/-2%	удовлетворительная
RC-контур		недорогая	малый	требуется регулировка	+/-2%	удовлетворительная
Кварцевый резонатор		дорогая	большой	не требуется регулировка	+/-0,001%	отличная
Керамический резонатор		недорогая	малый	не требуется регулировка	+/-0,5%	отличная

Керамический резонатор Murata Ceralock

В основе разработки используется явление механического резонанса в пьезоэлектрической керамике. Приложение электрического потенциала к керамической пластине вызывает ее деформацию и наоборот, деформация керамики приводит к появлению на поверхности пластины электрических зарядов. Приложение переменного электрического потенциала приведет к возбуждению механических колебаний керамической пластины. Если частота этих колебаний близка к частоте собственного механического резонанса керамической пластины, то амплитуда колебаний значительно возрастает, увеличивается величина зарядов, обусловленных пьезоэффектом. В этом случае керамический резонатор, включенный в электрическую цепь, проявляет себя эквивалентно колебательному контуру. В зависимости от того, в какой плоскости пластины происходит резонанс, можно получить различные рабочие частотные диапазоны (табл. 1).

В качестве осцилляторного элемента электронных схем широко применяются колебательные контуры, построенные на LC- и RC-элементах, но им присущ ряд недостатков, основными из которых являются низкая температурная стабильность, большое отклонение частоты резонанса от номинала, значительные габаритные размеры. Применение в схеме кварцевых резонаторов позволяет избавиться от указанных недостатков, существенно повысить точность настройки и температурную стабильность. Однако кварцевым резонаторам тоже присущи недостатки, такие, как высокая цена и сравнительно большие размеры корпуса. Фирма Murata предлагает другое решение — применение в электронных схемах керамических резонаторов. Керамические резонаторы являются хорошим решением в том случае, когда предъявляются не слишком высокие требования по точности, важны небольшие размеры корпуса и малая цена. Сравнительные характеристики контуров LC и RC, кварцевых и керамических резонаторов представлены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что керамические резонаторы по своим параметрам занимают промежуточное значение между колебательными

контурами, построенными на основе контуров LC и RC элементов. Температурная стабильность кварцевого резонатора 10^{-6} °C, температурная стабильность контуров LC и RC — 10^{-3} ... 10^{-4} °C. Температурная стабильность керамического резонатора — 10^{-5} °C в диапазоне температур от -20 до +80 °C.

Важной отличительной чертой керамического резонатора являются малые размеры корпуса и малый вес. Габаритные размеры в эпоху миниатюризации являются одной из важных характеристик, так как уменьшение размеров элементов на схеме позволит напрямую уменьшить габаритные размеры корпуса самого изделия.

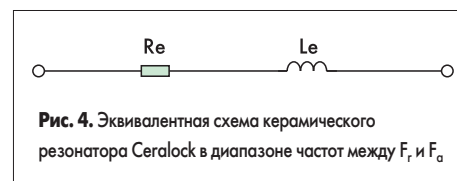
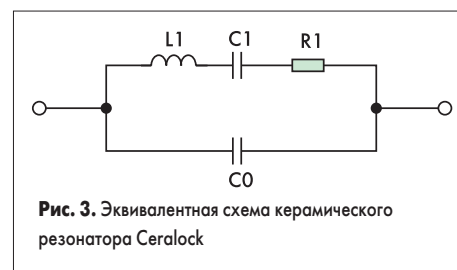
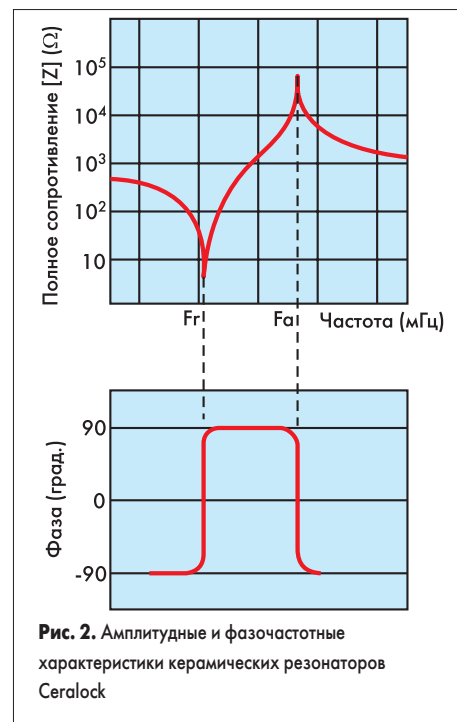
Керамика является более дешевым материалом по сравнению с кварцем, поэтому применение керамических резонаторов в схеме позволит удешевить готовое изделие, кроме того, компания Murata, как производитель керамических резонаторов, гарантирует сохранение указанных параметров и интервалов рабочих температур.



На рис. 1 показано обозначение керамического резонатора, применяемое на схемах.

Импедансная и фазовая характеристики приведены на рис. 2. Видно, что в диапазоне частот F_r (минимальный импеданс) и F_a (максимальный импеданс) резонатор проявляет свойства индуктивности. Емкостные свойства проявляются в других частотных диапазонах. Частоты F_r и F_a определяются пьезоэлектрическим материалом и физическими параметрами устройства. На частоте резонанса керамический резонатор эквивалентен контуру, изображенному на рис. 4, где величины L_e и R_e обозначают, соответственно, эквивалентные индуктивность и сопротивление. Чем меньше величина R_e , тем больше добротность $Q(m)$ резонатора.

Эквивалентная схема резонатора — последовательно-параллельная резонансная цепь, состоящая из конденсатора, индуктивности и резистора.



Величины $C1, L1, R1$ — эквивалентные параметры резонатора. $C0$ называют статической или шунтирующей емкостью. На частотах, далеких от резонанса, керамический резонатор ведет себя как обычный конденсатор с емкостью $C0$. Параметры $R1, C1, L1$ являются динамическими, так как они проявляются только при колебаниях с частотой близкой к частоте собственного резонанса керамической пластины. Производный параметр — резонансный промежуток ΔF , характеризующий способность резонатора к перестройке по частоте. Определяется следующей формулой:

$$\Delta F = \frac{C1}{2C0} \times 100\%,$$

где ΔF — резонансный промежуток, $C1$ — динамическая емкость, $C0$ — статическая емкость.

Чем больше резонансный промежуток, тем шире пределы возможной перестройки частоты резонатора. Керамические резонаторы характеризуются следующими параметрами:

1. Номинальная частота — частота резонанса, указанная в документации на резонатор.
2. Точность настройки показывает максимально допустимое отклонение частоты резонатора от номинальной, измеренной при $T = 25$ °C.

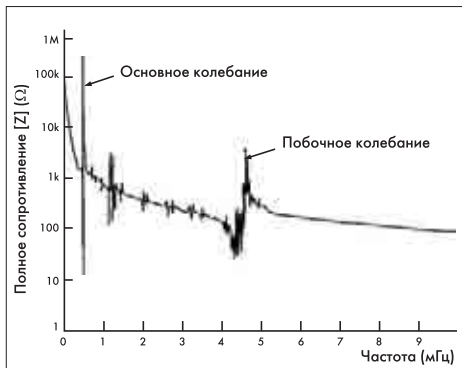


Рис. 5. Пример побочных продольных колебаний, образованных в керамическом резонаторе CSBLA455KC8-B0

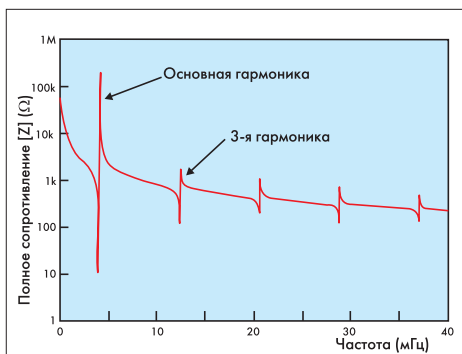


Рис. 6. Пример высших гармоник, образованных в керамическом резонаторе CSTLS4M00G53-B0

3. Температурная стабильность показывает допустимое изменение частоты в определенном диапазоне температур.
4. Интервал рабочих температур — стандартный интервал температур, для которого максимальное отклонение частоты от номинала гарантировано производителем.
5. Долговременная стабильность — максимально допустимое изменение частоты резонатора за период времени, вызванное процессами старения.

Из-за механического резонанса в керамических резонаторах, наряду с основной частотой могут генерироваться паразитные гармоники, более высокочастотные. Примеры побочных колебаний и высших гармоник керамических резонаторов CSBLA455KC8-B0 и CSTLS4M00G53-B0 показаны на рисунках 5 и 6.

Сравнительные характеристики керамических и кварцевых резонаторов приведены в таблице 3.

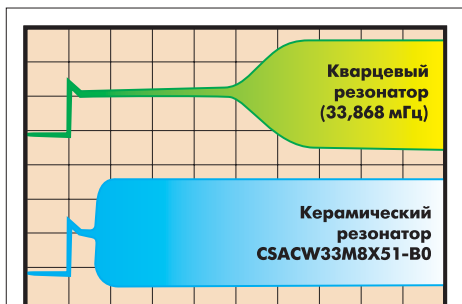


Рис. 7. Переходные процессы, происходящие в кварцевых и керамических резонаторах

Таблица 3. Сравнительные характеристики керамических и кварцевых резонаторов

Резонатор	Генерируемая частота	L1 (мкГн)	C1 (пф)	C0 (пф)	R1 (ом)	Qm	ΔF (кГц)
Ceralock®	455 кГц	7,68×10³	16,7	273	10	2140	13
	2,0 мГц	171×10³	4,0	21	44	475	177
	4,0 мГц	0,46×10³	3,8	20	9,0	1220	350
	8,0 мГц	0,13×10³	3,5	20	8,0	775	642
Кристалл кварца	453,5 кГц	8,6×10³	0,015	5	1060	23000	0.6
	2,457 мГц	7,2×10³	0,005	3	37,0	300000	3
	4,0 мГц	2,1×10³	0,007	2,5	22	241000	6
	8 мГц	1,4×10³	0,027	5,5	8,0	88700	20

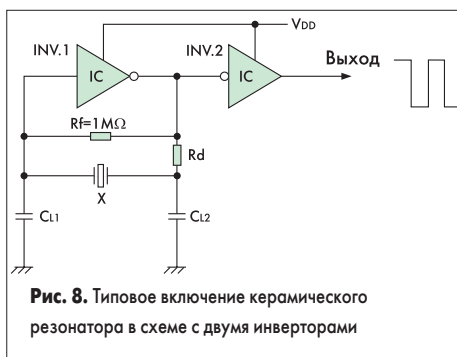


Рис. 8. Типовое включение керамического резонатора в схеме с двумя инверторами

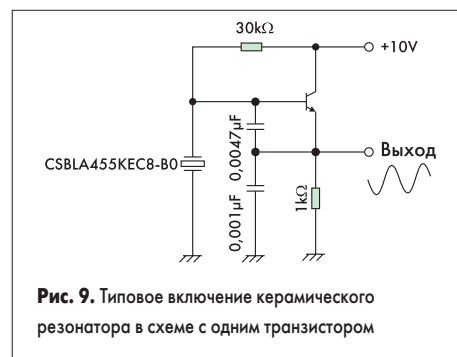


Рис. 9. Типовое включение керамического резонатора в схеме с одним транзистором

Одной из важнейших характеристик, отличающих керамические резонаторы от кварцевых, является меньшее время нарастания сигнала. Время нарастания определяется в точке перехода колебаний из переходного в установившееся состояние (после того, как на ИМС подается питание). По методике Ceralock время нарастания определяется как время, необходимое для достижения 90% уровня генерации при установившемся режиме. Начальное напряжение — минимальное напряжение, при котором резонатор будет работать. На значение минимального напряжения влияет вся схема, но главным образом — характеристики ИМС. На рис. 7 показаны графики, отражающие переходные процессы в кварцевом и керамическом резонаторах.

Типовые схемы включения керамических резонаторов представлены на рис. 8 и 9.

Основные серии керамических резонаторов и их особенности

Фирмой Murata выпускается большое количество серий керамических резонаторов, предназначенных для работы как в мегагерцовой, так и килогерцовой части частотного диапазона. Характеристики некоторых из них представлены в таблице 4.

Таблица 4. Технические характеристики керамических резонаторов Murata Ceralock

Серия резонатора	Диапазон частот	Отклонение частоты от номинала (%)	Температурная стабильность (%)	Диапазон рабочих температур (°C)	Долговременная нестабильность	Примечание
CSTCC_G	2,0...3,9 мГц	+/-0,5	+/-0,3	-20...+80	+/-0,3	SMD-тип, трехтерминальная
CSTCR_G_A	4,0...7,99 мГц	+/-0,5	+/-0,3	-40...+125	+/-0,1	SMD-тип, трехтерминальная
CSTCE_G	8,0...12,50 мГц	+/-0,5	+/-0,2	-20...+80	+/-0,1	SMD-тип, двухтерминальная
CSTCE_G_A	8,0...12,50 мГц	+/-0,5	+/-0,2	-40...+125	+/-0,1	SMD-тип, двухтерминальная
CSTCV_X_Q	14,7...70,00 мГц	+/-0,5	+/-0,3	-40...+125	+/-0,1	SMD-тип, двухтерминальная
CSTCG_V	20,0...33,86 мГц	+/-0,5	+/-0,3	-20...+80	+/-0,3	SMD-тип, трехтерминальная
CSACV_X_Q	14,70...70,00 мГц	+/-0,5	+/-0,3	-40...+125	+/-0,1	SMD-тип, трехтерминальная
CSACW_X_51	25,00...70,00 мГц	+/-0,5	+/-0,2	-20...+80	+/-0,1	SMD-тип, двухтерминальная
CSTLS_G	3,40...10,00 мГц	+/-0,5	+/-0,2	-20...+80	+/-0,2	Выводной тип, трехтерминальная
CSTLS_X	16,00...70,00 мГц	+/-0,5	+/-0,2	-20...+80	+/-0,2	Выводной тип, трехтерминальная
CSALS_X	16,00...70,00 мГц	+/-0,5	+/-0,2	-20...+80	+/-0,2	Выводной тип, двухтерминальная
CSBFB_J	430...519 кГц 700...1250 кГц	+/-0,5	+/-0,3	-20...+80	+/-0,3	SMD-тип, двухтерминальная

Серии CSTCC/E/G/R/W. Резонаторы этой серии трехвыводные, имеют малые размеры корпуса и низкий профиль. Предназначены для поверхностного монтажа. Кроме того, серия имеет встроенный внутри корпуса нагрузочный конденсатор, что позволяет уменьшить количество деталей на схеме. При установке резонатора не требуется никаких дополнительных регулировок.

Основные сферы применения: использование в схемах задающих генераторов различных устройств, таких, как видеокамеры, DVD-проигрыватели, CD-ROM, HDD, автомобильная электроника.

Серия CSACV/W. Особенностью серии является наличие широкого частотного диапазона и малые размеры корпуса. При установке не требуется никаких дополнительных регулировок. Сферы применения: тактовые генераторы микропроцессоров, автомобильная электроника. При монтаже необходимо уменьшить избыточное напряжение на корпус элемента.

Серия CSTLS. Трехвыводная, имеет радиальное расположение выводов. Внутри резонатора размещен нагрузочный конденсатор, поэтому не требуется размещения дополнительных элементов на схеме. Серия имеет малый допуск по температурной стабильности в широком диапазоне.

Серия CSALS. Выводная, имеет высокую температурную стабильность, малые размеры корпуса и вес. Резонаторы этой серии устойчивы к вибрационным нагрузкам. Применяются в тактовых генераторах микропроцессоров, мультивибраторах и генераторах гармонических колебаний.

Серия CSBFB. Предназначена для работы в килогерцовой части ВЧ-диапазона. Серия допускает кратковременный перегрев корпуса во время пайки, предназначена для автоматического монтажа, не требует никаких регулировок частоты. Применяется в схемах тактовых генераторов.

Серия CSBLA. Особенности серии: работает в широком температурном интервале. Резонаторы миниатюрны и имеют малый вес, хорошо выдерживают вибрационные нагрузки. Сферы использования: системы дистанционного управления, генераторы частот, тактовые генераторы.

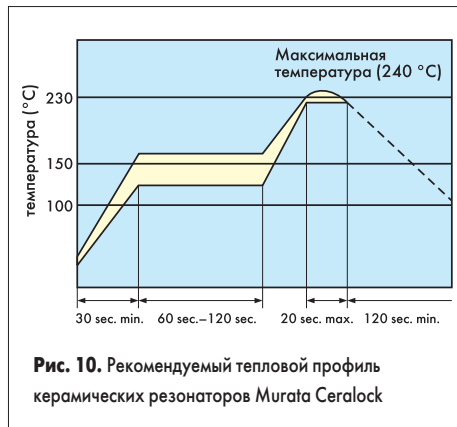


Рис. 10. Рекомендуемый тепловой профиль керамических резонаторов Murata Ceralock

Температурный профиль

При монтаже керамических резонаторов необходимо соблюдать тепловой профиль элементов, предписываемый производителем при пайке электронных компонентов, нарушение которого может повлечь за собой необратимые изменения структуры материала или значительно ухудшить его пьезоэлектрические свойства. Рекомендуемый температурный профиль для керамических резонаторов Murata приведен на рис. 10.

Основные тенденции в развитии направления производства керамических резонаторов Ceralock

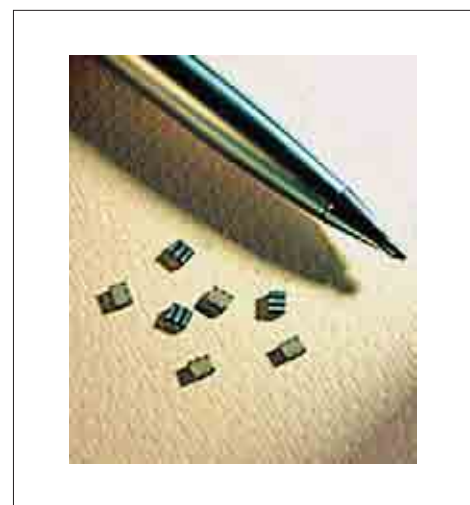
Резонаторы Ceralock широко используются в производстве различной радиоэлектронной аппаратуры. Однако, несмотря на это, инженеры компании Murata продолжают совершенствовать и развивать их по следующим направлениям:

1. Уменьшение размеров. Для удовлетворения потребностей рынка Murata разрабатывает новые керамические материалы с использованием других вибрационных режимов, позволяющих получить не только новые рабочие частоты, но и значительно уменьшить габаритные размеры изделия.
2. Уменьшение допусков по частоте. Резонаторы используются в таких сферах, как офисное оборудование и автомобильная промышленность, где обычно не требуется значение малого допуска по частоте. При разработке и производстве керамических резонаторов

инженеры компании Murata приближаются к базовому допуску +/-0,1%.

3. Пайка без свинца. В мире постоянно растет обеспокоенность состоянием окружающей среды. Из-за этого в электрической и электронной промышленности происходит переход к пайке без свинца. Не содержащие свинца припои и проводящие пасты — многообещающая замена традиционным припоям, однако они требуют более высоких температур. При их использовании компоненты должны иметь повышенное сопротивление нагреву при пайке, а внешние выводы должны иметь большую электропроводность. Murata уже выпускает множество изделий, удовлетворяющих этим требованиям, и многие будут внедрены в ближайшее время.

Заключение



При рассмотрении керамических резонаторов Murata видно, что компанией выпускается довольно широкий ассортимент, способный удовлетворить любые требования разработчиков радиоэлектронной аппаратуры. Керамические резонаторы являются достойной заменой кварцевым резонаторам, особенно в тех случаях, когда требуется уменьшить стоимость и размеры изделия.

Информация предоставлена по материалам компании Murata.

Дополнительные сведения вы можете узнать по адресу: support@alkon.net.