

Конденсаторы высокой емкости Murata делают источники питания меньше

Shoji TSUBOTA
Перевод:
Евгений КАРТАШЕВ

Электронные устройства становятся все меньше, а их функциональные возможности постоянно возрастают. Данная тенденция требует от источников питания непрерывного увеличения эффективности при снижении их габаритов. Иначе обстоит дело с «инфраструктурными» источниками питания, к которым относятся, например, базовые станции мобильной связи или большие серверы. Они становятся менее централизованными и приобретают все более распределенную структуру.

В соответствии с этой тенденцией быстро развиваются и миниатюрные, встраиваемые на плату (on board) DC/DC конвертеры. Потребители подобных устройств (например, микросхемы, устанавливаемые на материнские платы) имеют тенденцию к постоянному снижению напряжения питания и увеличению тока потребления. Это привело к активному развитию изолированных ультраминиатюрных DC/DC преобразователей, построенных на основе так называемой POL (point-of-load) распределенной технологии. Она предусматривает возможность установки на плате нескольких конвертеров, каждый из которых находится предельно близко к потребителю, что позволяет решить проблему снижения эффективности низковольтного источника питания, вызванного потерями проводимости на подводящих цепях.

Для того чтобы создание подобных миниатюрных преобразователей стало возможным, очень важным является снижение размеров и одновременное увеличение номиналов сглаживающих конденсаторов, используемых во входных и выходных цепях. Одним из основных направлений деятель-

ности компании Murata Manufacturing Co., Ltd. является разработка малогабаритных керамических конденсаторов большой емкости, предназначенных для применения в малогабаритных источниках питания. Данная статья посвящена описанию особенностей новых технологий производства подобных компонентов и их возможным перспективам.

Меньше и больше

На рис. 1 приведен типичный пример схемы прямоходового изолированного DC/DC конвертера. Для «инфраструктурных» источников питания, примеры которых были приведены в начале статьи, в качестве C1 обычно используется конденсатор с номинальным напряжением 100 В, поскольку входное напряжение таких устройств составляет, как правило, 48 В (36–76 В). Чем больше мощность конвертера, тем больше должен быть номинал C1. Стремясь удовлетворить эти требования, Murata работает над увеличением номиналов и снижением размеров 100-вольтовых емкостей: сегодня компания предлагает емкость типоразмера 3216 номиналом 2,2 мкФ.

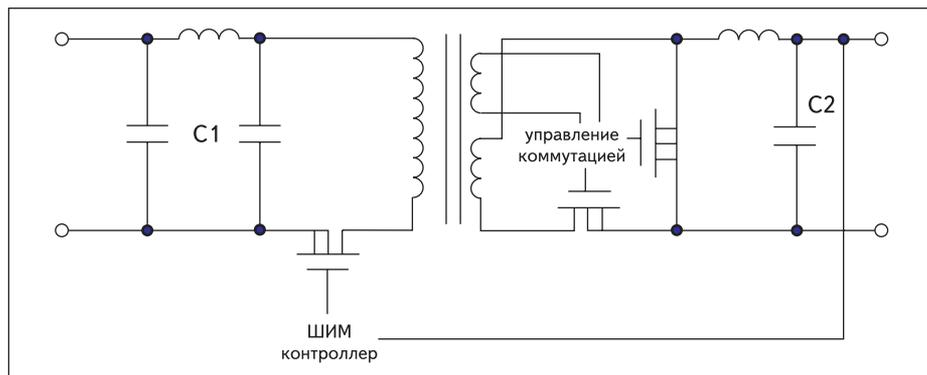


Рис. 1. Пример электрической схемы изолирующего DC/DC конвертера

Рис. 2 демонстрирует развитие семейства конденсаторов X7R с рабочим напряжением 100 В на пути снижения габаритов и увеличения емкости, а в таблице 1 показан спектр типоразмеров компонентов семейства.

Конденсатор C2 на схеме (рис. 1) является сглаживающим для выходного каскада источника, его рабочее напряжение определяется характеристиками соответствующей нагрузки. В последние годы, в связи со снижением напряжения питания основных потребителей до 3,3 В и ниже, чаще всего стали применяться керамические конденсаторы, нормированные на 6,3 В и менее. Процесс совершенствования подобных компонентов с номиналом 100 мкФ и температурной характеристикой V/X5R, показанный на рис. 3, следует общим тенденциям увеличения номинала и снижения размеров. Ряд типоразмеров конденсаторов данного типа показан в таблице 2.

По такому показателю, как удельная емкость (емкость на единицу объема, мкФ/мм³), керамические конденсаторы Murata с рабочим напряжением 100 В за последние 3 года достигли пяти-, шестикратного увеличения. Таким образом, можно сказать, что уменьшение габаритов и увеличение емкости этих элементов происходит со скоростью, сопоставимой с законом Мура для полупроводниковой индустрии.

Таблица 1. Спектр конденсаторов с рабочим напряжением 100 В и температурной характеристикой

Типоразмер	1608	2012	3216	3225
Максимальная емкость конденсатора (мкФ)	0,1	0,47	1,0	2,2

Таблица 2. Спектр конденсаторов с рабочим напряжением 6,3 В и температурной характеристикой

Типоразмер	1608	2012	3216	3225
Максимальная емкость конденсатора (мкФ)	10	22	47	100

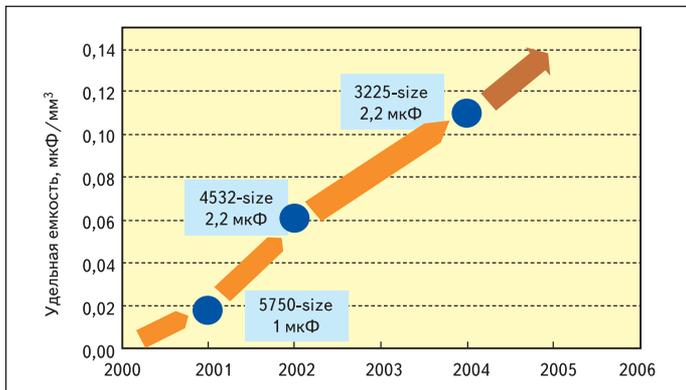


Рис. 2. Тенденция снижения габаритов и увеличения емкости 100-вольтовых керамических конденсаторов

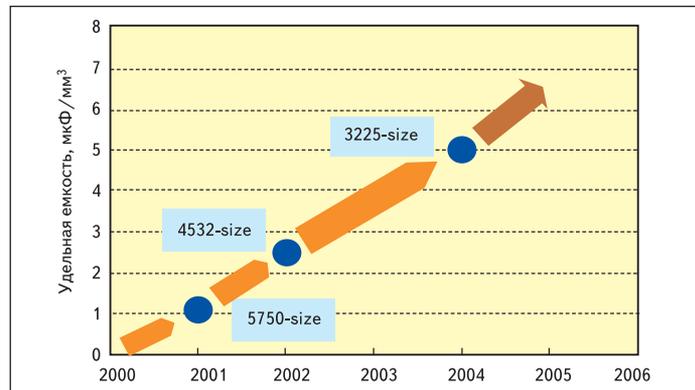


Рис. 3. Тенденция снижения габаритов и увеличения удельной емкости 6,3-вольтовых керамических конденсаторов номинальной емкостью 100 мкФ

Технологии, необходимые для уменьшения габаритов и увеличения номиналов

Технология утончения диэлектрика

Для увеличения номинала емкости без увеличения габаритов конденсаторов применяются инновационные технологии, которые, прежде всего, позволяют уменьшить толщину слоя диэлектрика. В 2003 году Murata раньше всех своих конкурентов выпустила на рынок керамические конденсаторы большой емкости с толщиной диэлектрика 1,0 мкм. Это стало возможным благодаря разработке следующих четырех связанных производственных процессов:

1. Технология размельчения материала (керамики) до состояния порошка, использование которого позволяет формировать сверхтонкий слой диэлектрика.
2. Высокодисперсионная технология формирования однородных диэлектрических пленок.
3. Технология, позволяющая снизить толщину внутренних электродов.
4. Технология получения прецизионных слоистых (ламинированных) структур.

Все процессы, необходимые для организации производства, были реализованы инженерными подразделениями компании Murata, начиная с обработки сырья и заканчивая разработкой технологических процессов и производством специального оборудования.

На рис. 4 показано, как шел процесс изменения толщины диэлектрического слоя и количества слоев ламинированной структуры конденсатора. В течение последних 10 лет минимальная толщина слоя была уменьшена на четверть, в то время как максимальное количество слоев было увеличено более чем в 8 раз.

Совершенствование изоляционных свойств диэлектрических материалов

Работы по улучшению изоляционных свойств диэлектриков велись специалистами Murata параллельно с разработкой технологий тонких пленок. У инженеров компании не было возможности обеспечить достаточную надежность изоляционного слоя при простом формовании пленок из диэлектрических материалов. Для решения данной проблемы базовый диэлектрический материал $BaTiO_3$ размельчался до состояния порошка, что позволило при дальнейшем формовании получить высоковольтный диэлектрик, обеспечивающий очень высокое качество изоляции даже при уменьшении толщины его слоя.

При сравнении качества изоляционных материалов при одинаковой напряженности электрического поля новые порошковые пленки показали существенное улучшение характеристик. На рис. 5 представлены результаты ускоренных высокотемпературных испытаний изоляционных свойств традиционных и новых материалов.

Для входных и выходных сглаживающих конденсаторов очень важным параметром является стабильность действующей емкости при постоянном приложенном напряжении. Поскольку высокая диэлектрическая постоянная является свойством керамических конденсаторов, использующих в качестве базового материала $BaTiO_3$, снижение эффективной емкости при приложении напряжения неизбежно для данного типа диэлектрика. Однако разработчикам удалось свести эффект деградации емкости к минимуму за счет уменьшения размера зерна исходного порошка $BaTiO_3$, снижая таким образом относительную диэлектрическую проницаемость нового материала до минимальной величины.

На рис. 6 дается сравнение относительно температуры 85 °С характеристик изменения емкости в зависимости от напряженности поля для стандартного и нового диэлектрического материала. Новые порошковые пленки имеют очевидные преимущества, выраженные в большем значении эффективной емкости при приложении постоянного напряжения.

Перспективы и тенденции

Производителям широкого ряда изолированных стандартных DC/DC конвертеров и неизолированных преобразователей распределенной POL технологии требуются малогаба-

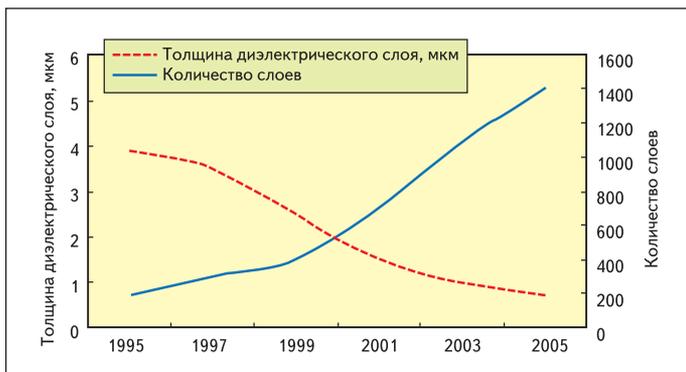


Рис. 4. Тенденция изменения толщины диэлектрического слоя и повышения количества слоев ламинированных структур

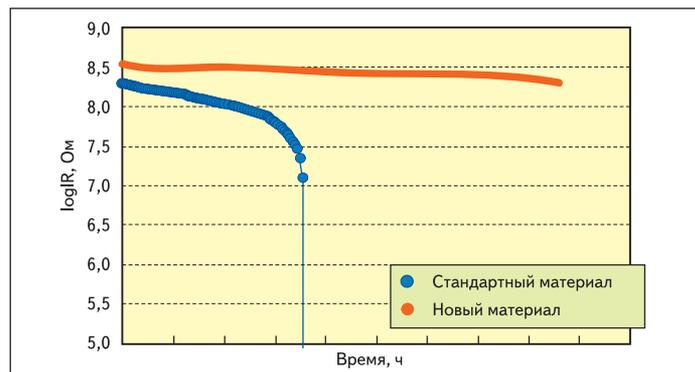


Рис. 5. Результаты ускоренных высокотемпературных испытаний под нагрузкой (20 В/мм, 105 °С)

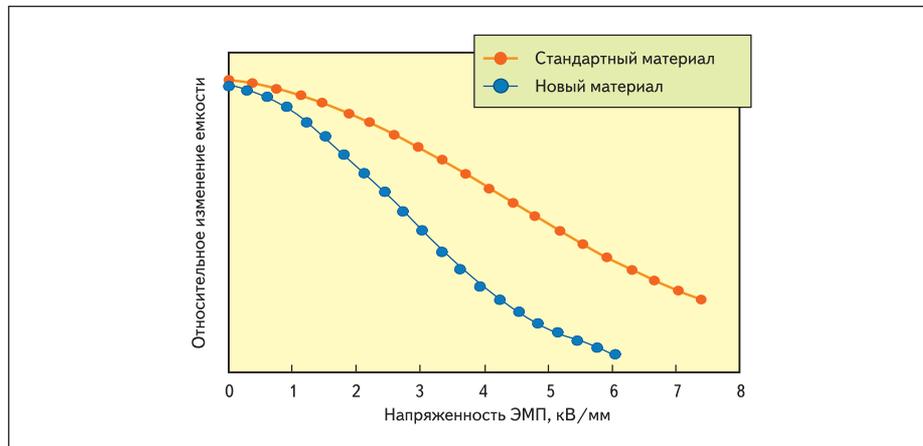


Рис. 6. Нормированное при 85 °С относительное изменение емкости при увеличении напряженности электромагнитного поля (по отношению к значениям при 20 °С)

ритные керамические конденсаторы. Чтобы удовлетворить этим требованиям, специалисты компании Murata прикладывают значительные усилия, направленные на уменьшение габаритных размеров керамических конденсаторов стандартного ряда рабочих напряжений, увеличение их емкости и расширение ряда типоминиатур. На рис. 7 представлен широкий ряд производимых компанией керамических конденсаторов с рабочим напряжением от 100 до 6,3 В, предназначенных для применения в источниках питания.

Технические требования

В последние годы сохраняется тенденция к снижению габаритов электронной техники и повышению ее функциональной насыщенности. При этом непрерывно возрастают требования по надежности работы источников питания электронной аппаратуры в условиях воздействия тяжелых промышленных сред. Соответствующие требования предъявляются и к конденсаторам, используемым в источниках питания.

Рабочая температура

Стандартная рабочая температура выпускаемых в настоящее время малогабаритных источников питания составляет 85 °С. Однако в некоторых точках таких устройств температура может превышать 105 °С из-за рассеяния мощности некоторыми компонентами. Для надежной работы конденсаторов, размещенных в таких областях, их рабочая температура должна быть не менее 125 °С. Кроме того, в зависимости от типа электронного устройства, для которого предназначен источник питания, срок его службы должен составлять от 3 до 10 лет. Соответственно, аналогичные требования предъявляются и к применяемым в них конденсаторам.

Допустимый ток пульсаций

Непрерывная тенденция к понижению рабочего напряжения нагрузок источников

питания и увеличению выходных токов приводит к тому, что токовые нагрузки на сглаживающие конденсаторы выходных каскадов DC/DC конвертеров существенно возросли. По сравнению с танталовыми или алюминиевыми электролитическими конденсаторами керамические конденсаторы характеризуются большим значением допустимого тока пульсаций. Это объясняется существенно меньшим значением эквивалентного последовательного сопротивления ESR (equivalent series resistance) в радиочастотном диапазоне и, соответственно, меньшим тепловыделением компонентов данного типа. Однако сниже-

ние габаритов приводит к росту удельного тепловыделения, что приводит к необходимости нормирования допустимого тока пульсаций в будущем.

АС характеристики

Снижение напряжения питания интегральных схем ужесточает требования к уровню пульсаций выходного напряжения источника питания: их амплитуда не должна превышать 100 мВ. Поэтому при разработке новых керамических конденсаторов большой емкости необходимо выбирать материал диэлектрика, обеспечивающий не только хорошие DC характеристики, но и удовлетворительные параметры по переменному напряжению. Важным показателем является, например, низкая зависимость емкости от приложенного сигнала переменного тока.

Заключение

Новые керамические конденсаторы, предлагаемые компанией Murata, способствуют существенному снижению габаритов и повышению надежности источников питания и другого электронного оборудования. Это стало возможным благодаря многочисленным технологическим инновациям, направленным на снижение толщины изолирующих слоев, при одновременном повышении электрической прочности диэлектрика, а также снижению габаритов конденсаторов при увеличении их емкости.

Cap (µF)		1	2,2	4,7	10	22	47	100
GRM15 1005-size	10 B							
	6,3 B							
GRM18 1608-size	25 B							
	16 B							
	6,3 B							
GRM21 2021-size	25 B							
	16 B							
	10 B							
	6,3 B							
GRM31 3216-size	100 B							
	50 B							
	25 B							
	16 B							
	10 B							
GRM32 3225-size	6,3 B							
	100 B							
	50 B							
	25 B							
	16 B							
GRM32 3225-size	10 B							
	6,3 B							

Including products measuring 1mm max. in thickness

Рис. 7. Спектр керамических конденсаторов, классифицированных по размерам, номинальному напряжению и температурным характеристикам (B/X5R/X7R)