

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТАНТАЛОВЫХ КОНДЕНСАТОРОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

Россия, г. Пенза, Пензенский государственный технологический университет

The article summarizes and analyzes the features of tantalum capacitors, shows their advantages and disadvantages when used in electronic devices. The prospects for the development of modern tantalum polymer capacitors are considered. The authors emphasize that these capacitors have a lower ESR value. On the other hand, the absence of an oxidizer in the polymer composition excludes the breakdown of the capacitor

Танталовые конденсаторы

Танталовые конденсаторы, которые появились более 50 лет назад, представляют собой радиодетали, основным назначением которых, как и других конденсаторов, является накопление в себе электроэнергии. Известно, что для танталовых конденсаторов характерен ряд отличительных черт, из-за чего они стоят поодаль от других типов конденсаторов. В данной статье сделана попытка обобщить эти особенности и рассмотреть преимущества, проанализировать типичные недостатки танталовых конденсаторов и перспективы развития танталово-полимерных аналогов.

К особенностям танталовых конденсаторов относится применение для составных элементов конденсатора (рис.1):

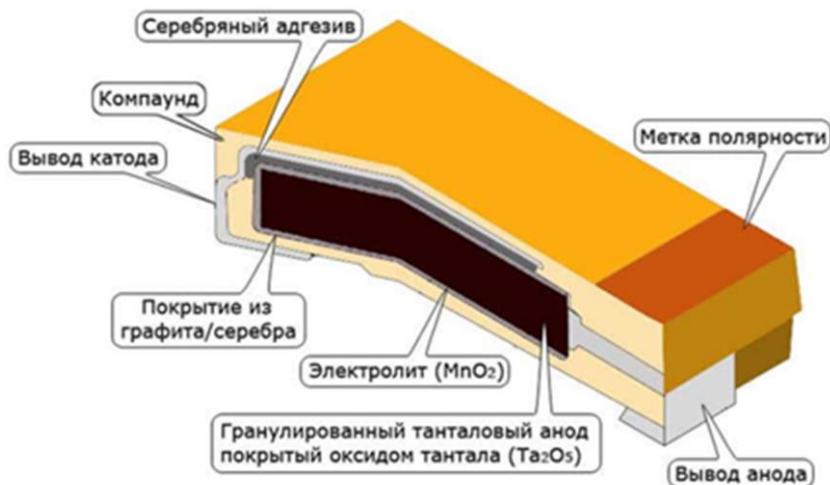


Рисунок 1 – Особенности составных частей танталового конденсатора [1]

в качестве анода - порошка из тантала высокой степени очистки и пористой структуры;

в качестве диэлектрика - пентаоксида тантала Ta_2O_5 в виде пленки необходимой толщины;

в качестве электролита - диоксида марганца MnO_2 , который представляет собой твердотельный полупроводниковый материал;

слоя графита со слоем серебра для обеспечения контакта электролита MnO_2 с выводом катода;

компаунда для запрессовки полученной конструкции.

Перечисленные особенности танталовых конденсаторов обуславливают как их преимущества, так и их недостатки.

К преимуществам танталовых конденсаторов относятся:

- доступная емкость в пределах 1...~500 мкФ;
- невысокое эквивалентное последовательное сопротивление (ESR), которое не увеличивается, а, иногда, даже уменьшается с ростом частоты [2];
- допустимое обратное напряжение может составлять вплоть до 10% от номинального;
- высокая температурная стабильность;
- отсутствие такой проблемы, как разрушение под коррозионным действием электролита;
- малые габариты, что позволяет их отнести к чип-компонентам SMD, т.е. «компонентам поверхностного монтажа» на плате, что особенно удобно для автоматизации последующей сборки, включающей монтаж, пайку на печатные платы и другие общепринятые технологии;
- надежность (если эти компоненты правильно использовались в ходе производства и эксплуатации).

К недостаткам танталовых конденсаторов относятся:

- пробой диэлектрика, связанные с тем фактом, что при эксплуатации пентаоксид тантала Ta_2O_5 меняет аморфную структуру, которая является диэлектриком, на кристаллическую, которая уже является проводником [3];
- пробой самого конденсатора, связанные или с пробоем диэлектрика и повышением токов утечки или с высокими температурами и напряжениями (рис.2). Локальный пробой диэлектрика становится причиной скачка тока, а также значительного нагрева чипа. Далее следует следующая цепочка событий: разложение MnO_2 с выделением кислорода, быстрое окисление порошкового тантала, возможное воспламенение и, даже взрыв как конденсатора, так и всей сборки;
- постепенная деградация структуры основных компонентов конденсатора;
- существенное уменьшения емкости при частотах выше 150 кГц;
- низкая устойчивость к токам пульсации и перегреву;
- пожароопасность;
- технологические трудности травления, вызванные повышенной химической стойкостью тантала.

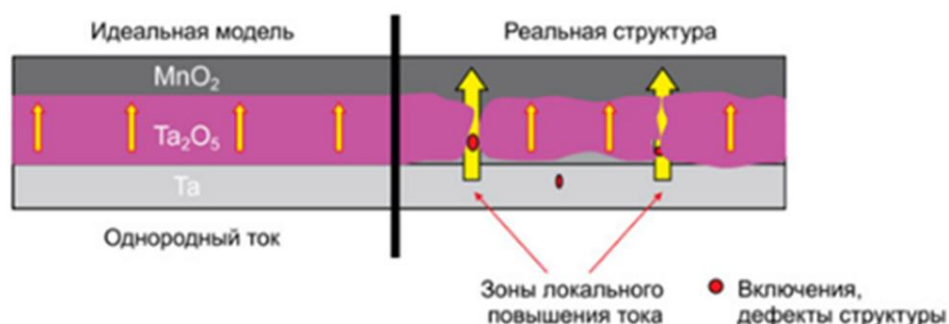


Рисунок 2 – Сравнение структур слоев идеального и реального танталовых конденсаторов [4]

Кроме перечисленных недостатков, как итог ошибок при упаковке, транспортировке

и хранении, в конденсаторе может появиться ряд дефектов:

- механические дефекты - от резких ударов конденсатора о твердую поверхность. Другой вариант - одновременное действие двух факторов: тепловой удар повышение и внутреннего давления газов в несплошностях, которые возникли при формировании электролитного слоя;

- дефекты в виде появления примесей и включений углерода, железа, кальция, приводящие к неравномерности диэлектрического слоя, что обусловлено нарушением технологии при производстве;

- кристаллизация диэлектрика, что может быть вызвано отклонением состава электролита, а также температурного режима в процессе производства, от технологической документации.

Танталово-полимерные конденсаторы

Большая часть недостатков и дефектов, характерных для танталовых конденсаторов, отсутствует в танталово-полимерных конденсаторах. В качестве электролита в них вместо диоксида марганца MnO_2 используется токопроводящий полимер, например, полиэтилендиокситиофен. Было обнаружено, что после монтажа конденсатора с применением этого эластичного проводящего полимера появление повреждений диэлектрика практически исключено. Таким образом, достигается уменьшение риска пробоя, что позволяет повысить ресурс и надежность в целом, а в ряде случаев - уменьшить габариты.

Как известно, ESR конденсатора является функцией сопротивления выводов, катода, анода и диэлектрика [4]. Поскольку слой проводящего полимера имеет сопротивление на три порядка меньше, чем у оксида марганца, это обуславливает меньшее значение ESR. Второй положительный аспект - отсутствие окислителя в составе полимера, что исключает пробой конденсатора по причине развития соответствующих дефектов.

Довольно долгое время верхней границей номинального напряжения танталовых полимерных конденсаторов было 20 В, что являлось существенным препятствием для их использования. Путь увеличения толщины диэлектрика одновременно приводит к уменьшению ёмкости конденсатора, что не позволяет существенно увеличить номинальное напряжение.

Инженерная разработка новых проводящих полимеров является основным путем значительного повышения порога номинальных напряжений.

В качестве примера, на рис.3 показана последовательность разработки высоковольтных танталово - полимерных конденсаторов серии TCJ, применяемых для поверхностного монтажа, от компании AVX [4]. Как видно из графика, уже к 2012 году удалось улучшить показатель номинального напряжения до 125В, а также наладить массовый выпуск высоковольтных конденсаторов данного типа.

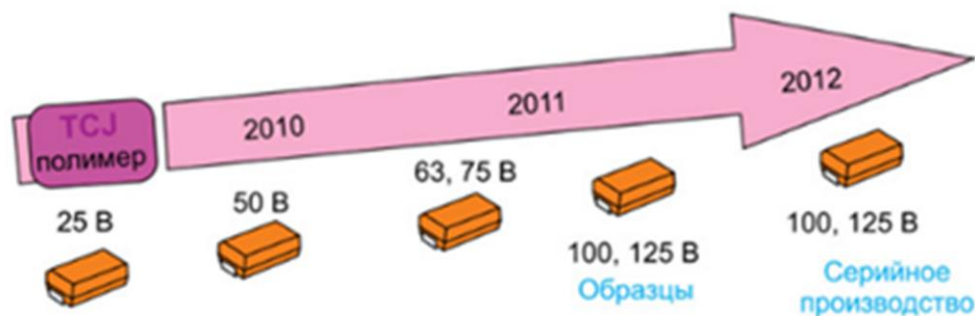


Рисунок 3 – Этапы разработки танталово - полимерных конденсаторов для поверхностного монтажа

Достоинствами токопроводящего полимера являются:

- стойкость к внешним факторам;
- низкая чувствительность к импульсам тока;
- высокая стабильность структуры;
- более высокий срок службы.

Таким образом, классические танталовые конденсаторы уступают место современным танталово-полимерным устройствам, сфера применения которых - сглаживающие конденсаторы для преобразователей напряжения и источников питания. Достоинство данных чипов, а, именно, высокое значение стабильности емкости в широком интервале частот и температур, дает возможность применять их в условиях колебания рабочих температур, напряжений и импульсных нагрузок. Это характерно для промышленной, автомобильной и телекоммуникационной электроники.

1. Устройство танталового конденсатора [Электронный ресурс], URL: <https://go-radio.ru/ustroystvo-tantalovogo-kondensatora.html>

2. Все о танталовых конденсаторах [Электронный ресурс], URL: <https://www.radioelementy.ru/articles/tantalovye-kondensatory>

3. Вы все еще используете танталовые конденсаторы? [Электронный ресурс], URL: <http://mt-system.ru/news/panasonic/vy-vse-eshhe-ispolzujete-tantalovye-kondensatory-my-uzhe-idem-k-vam>

4. Высоковольтные полимерные танталовые конденсаторы AVX серии TCJ для поверхностного монтажа [Электронный ресурс], URL: <https://ptelectronics.ru/stati/vyisokovoltnyie-polimernyie-tantalovye-kondensatoryi-avx-serii-tsj-dlya-poverhnoznogo-montazha/>