

# Линейность и шумовые характеристики резисторов Bulk Metal® Foil компании Vishay

КОНСТАНТИН КАЛАЕВ, инженер, компания «Экомаль» (Vishay)

Множество производителей и пользователей прецизионного электронного оборудования вынуждено без особой нужды мириться с нестабильностью и дрейфом параметров, вызванных шумовыми эффектами. Эти эффекты часто пытаются компенсировать постоянными подстройками и диагностикой, включая программируемую подстройку, требующую использования программируемых логических компонентов, ЦАП и АЦП, а также создания дорогостоящего программного обеспечения. Неустойчивость работы часто является результатом нестабильности резисторов. Если используемые резисторы стабильны в своих номиналах при различных воздействиях тока, напряжения и температуры, то для них не требуются дорогостоящие схемы контроля и компенсации. Только резисторы Bulk Metal® Foil компании Vishay могут удовлетворять всем требуемым характеристикам стабильности.

Следующие технические характеристики резисторов, выполненные по технологии Bulk Metal® Foil компании Vishay (см. рис. 1), уникальны и не повторяются у резисторов, изготовленных по другим технологиям:

- низкий температурный коэффициент сопротивления — до 0,2 ppm/°C и менее;
- точность исполнения номинала — 0,001%;

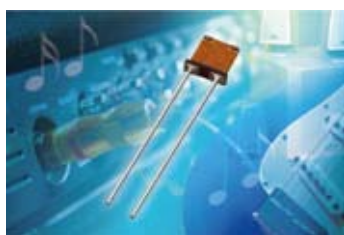
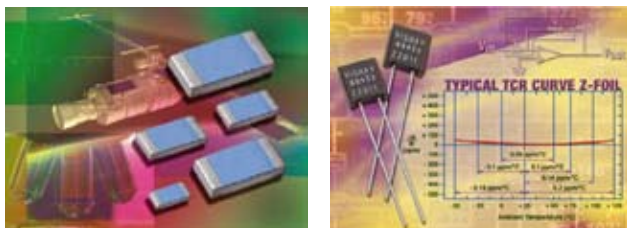


Рис. 1. Резисторы компании Vishay, изготовленные по технологии Bulk Metal® Foil

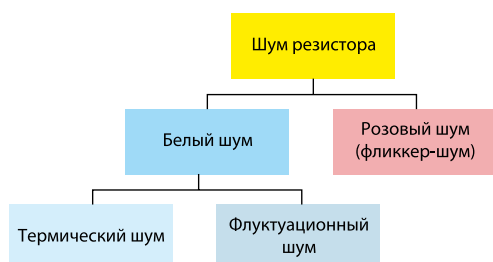


Рис. 2. Классификация изученных причин токовых шумов в резисторах

- отсутствие ёмкостных и индуктивных составляющих в сопротивлении;
- уход номинала под воздействием полной нагрузки в течение 2000 ч при температуре 70°C составляет  $\pm 0,005\%$ ;
- устойчивость к электростатическому разряду величиной выше 25 кВ;
- время термостабилизации после шоковых температурных воздействий — менее 1 с;
- уровень наводимой термоЭДС — менее 1 мкВ/°C;
- низкий уровень токовых шумов;
- высокая линейность, низкий уровень ухода номинала при воздействии напряжения.

Низким уровнем токовых шумов и высоким уровнем линейности резисторы Bulk Metal® Foil компании Vishay обязаны материалам, из которых они изготовлены, а именно — фольге из специального сплава, нанесенного методом холодной прокатки толщиной в несколько мкм.

Каждый резистор на практике имеет некоторую нелинейность номинала (нелинейность ВАХ). Степень нелинейности зависит от микрофакторов (внутренняя микроструктура резистивного материала) и макрофакторов (неточность лазерной подгонки, микрорастрескивание резистивного элемента из-за лазерной подгонки, неудовлетворительного качества контактов между резистивным элементом и выводами).

Среди микроструктур наибольшей линейностью характеризуются чистые металлы и их сплавы, такие как фольга в резисторах Bulk Metal® Foil. При нанесении одинаковых материалов слоями тонких плёнок линейность улучшается. Меньшей линейностью обладают композитные материалы, например, резистивная металлокерамика в толстоплёночных резисторах или карбоновые композиты в карбоновых композитных резисторах.

Макрофакторы, являющиеся причиной нелинейности в других типах резисторов, не значимы для резисторов, изготовленных по технологии Bulk Metal® Foil. На самом деле, лазерная обрезка топологии фольговых резисторов требуется только для устранения «неправильных» элементов топологии, изменяющих путь протекания тока по резистивному элементу. Выводы фольгового резистора являются неотъемлемой частью резистивного элемента. Такой подход к конструкции резистора надежно страхует от нежелательных контактных явлений.

На рисунке 2 представлены известные причины возникновения токовых шумов в современных резисторах.

Причиной термического шума является тепловое движение электронов в резистивном материале. Этот параметр ухудшается по мере увеличения номинала и температуры. Понизить уровень термического шума можно, снижая номинал и температуру.

Уровень флуктуационного шума зависит от количества заряженных носителей и их флуктуации в единице объёма. Такой шум можно понизить, уменьшая ширину топологического рисунка или увеличивая ток.

Спектральная плотность напряжения при шумах обоих типов равномерно распределена в полном диа-



# Силовые низкоомные резисторы WSL

- диапазон номинальных сопротивлений от 1 Ом до 0.001 Ом
- металлизированный резистивный элемент с низким температурным коэффициентом
- сверхнизкая индуктивность, от 0.5 нГн до 5 нГн
- отличная частотная характеристика в диапазоне до 50 МГц
- низкая термоЭДС (менее 3 мкВ/°С)
- стойкость к перегрузкам не уступает проволочным резисторам

www.platan.ru

• Москва, ул. Ивана Франко, д. 40, стр. 2 Тел. (495) 97 000 99 E-mail: platan@aha.ru  
 • Москва, 1-й Щемилковский пер., д. 16, стр. 2 Тел. (495) 744 70 70 E-mail: platan@platan.ru  
 • Санкт-Петербург ул.Зверинская, 44 Тел. (812) 232 88 36, 232 23 73 E-mail: baltika@platan.spb.ru

пазене частот. Уровень шумов такого типа не зависит от типа резистивного материала. Фликкер-шум обратно пропорционален распределению напряжения по частоте. Его уровень всегда зависит от типа резистивного материала. Остаточный шум можно снизить, уменьшив ширину полосы частот, ток или увеличив удельное сопротивление резистивного материала, т.е. за счёт резисторов большей мощности или менее шумящего резистивного материала.

Карбонокомпозитные резисторы имеют весьма высокий уровень шумности, как и любые другие толстоплёночные или тонкоплёночные материалы. Наименьшей шумностью обладают металлы и их сплавы (фольга, проволока). По этой причине резисторы, изготовленные по технологии Bulk Metal® Foil, являются наилучшим выбором для применений с жёстко ограниченным уровнем шума.

Высокая точность исполнения номинала, являющаяся неотъемлемой характеристикой резисторов Bulk Metal®

Foil компании Vishay, даёт большие преимущества в схемах с малошумящими дифференциальными усилителями, которые страдают от синфазных шумов. Такие шумы понижают частотный диапазон работы дифференциальных усилителей. Коэффициент ослабления синфазного сигнала измеряется в децибелах, зависит от коэффициента усиления усилителя и подбора резисторов в резистивном делителе в цепи обратной связи усилителя. При сравнении усилителей с одинаковыми коэффициентами усиления и номиналами резисторов в цепи обратной связи, изготовленных по толстоплёночной технологии (с точностью 1%), тонкоплёночной технологии (с точностью 0,1%), технологии Bulk Metal® Foil (с точностью 0,01%) величина коэффициента ослабления синфазного сигнала составила 46, 66 и 86 дБ, соответственно. В других случаях усилители, в которых используются резисторы Bulk Metal® Foil, имеют более высокие значения коэффициента ослабления синфазного сигнала.

## НОВОСТИ ДАТАКОМ

**| УТВЕРЖДЕНА СПЕЦИФИКАЦИЯ СТАНДАРТА BLUETOOTH 4 |** Организация Bluetooth SIG утвердила спецификацию беспроводного стандарта Bluetooth 4.0. Новая версия Bluetooth будет ориентирована на пониженное потребление энергии, сообщается в официальном пресс-релизе.

Теперь производители устройств с модулями Bluetooth смогут предоставить свои решения на базе нового стандарта для тестирования и сертификации на предмет соответствия его требованиям. После этого устройства с Bluetooth 4 смогут выйти на рынок. Новый стандарт найдет применение в новых видах электроники, которые ранее не оснащались модулями беспроводного доступа. В частности, Bluetooth SIG считает перспективным использование стандарта в медицинской технике, спортивном инвентаре и устройствах для обеспечения безопасности.

Спецификация Bluetooth 4 была представлена в декабре 2009 г. Сообщалось, что новая версия стандарта увеличит дальность беспроводной связи, снизит потребление энергии во всех режимах, а также позволит создать устройства, которые будут работать на протяжении нескольких лет от одной небольшой батареи. Ожидается, что первые устройства с поддержкой Bluetooth 4 появятся до конца 2010 г.

www.russianelectronics.ru