

Экранирующие листы Flexield серии IFL для подавления шума

По мере того как электронные устройства становятся все более компактными и многофункциональными, возрастает плотность большого количества электронных компонентов, установленных на печатную плату. В результате увеличивается потребность в подавлении помех, излучаемых микросхемами и проводниками. Поскольку на этапе проектирования трудно оценить реальный уровень шума, все чаще принимаются меры по подавлению шума на производственном этапе.

Flexield — экранирующий гибкий листовый материал, изготовленный путем обработки смеси мелкого порошка из магнитомягкого металла и пластика. Установка листов Flexield на источники помех или в места, которые подвергаются шумовому воздействию, позволяет очень эффективно подавить шум. Этот материал легко перфорируется и режется, принимает разные формы в зависимости от обработки и может применяться даже на искривленных поверхностях и гибких кабелях (рис. 1).

Строение листа Flexield

Как видно из рисунка 2, лист Flexield от компании TDK состоит из поверхностной пленки, магнитной пластины, полученной из смеси магнитомягкого материала и пластика, двухсторонней ленты и покровной пленки. Материал Flexield серии IFL выпускается в виде рулонов и листов толщиной 0,025–0,2 мм. Вопрос использования двухсторонней ленты зависит от требований конкретного приложения. Кроме того, компания TDK добавила новое изделие в продуктовую

линейку, которое мы обсудим ниже. Это изделие гибридного типа с металлическим слоем, которое обеспечивает гораздо большее подавление шума.

Основные функции и применения листов Flexield

Перечислим основные функции листов Flexield:

- поскольку материал листов изготовлен из магнитомягких металлов с высокой магнитной проницаемостью, эти изделия

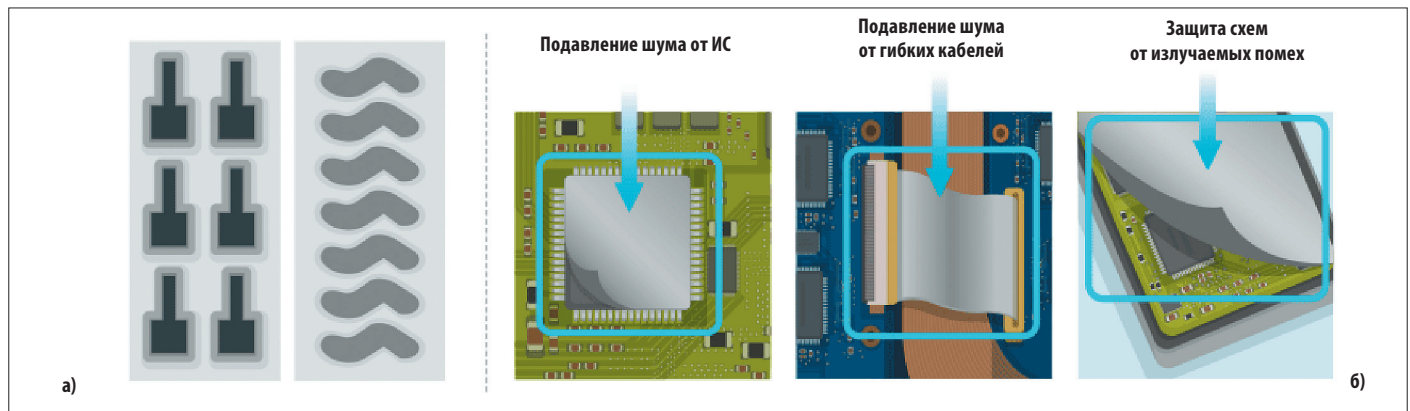


Рис. 1. Примеры: а) перфорирования пластины Flexield; б) ее использования



Рис. 2. а) Строение листа Flexield; б) виды его изготовления

очень эффективно подавляют излучаемые помехи;

- благодаря тому, что листы тонкие, их можно установить в небольшие промежутки;
- благодаря своей гибкости листы не переламываются при механическом воздействии;
- поскольку листы принимают разные формы в зависимости от обработки, у них разная форма и размеры;
- листы выпускаются в виде рулонов, что экономично и подходит для серийного производства.

Основные приложения:

- лист Flexield на поверхности ИС защищает ее от источников шума;
- лист Flexield на поверхности кабеля защищает от помех с его стороны две соединенные кабелем платы или плату с подключенным к ней компонентом;
- лист Flexield между двумя платами уменьшает влияние помех;
- лист Flexield на корпусе устройства позволяет подавить просочившиеся от него помехи.

Принцип работы Flexield

Листы Flexield поглощают энергию излучаемого шума и преобразуют ее в тепло. Поясним принцип действия этих листов.

Магнитная проницаемость (μ) магнитомягкого материала, находящегося в порошкообразном виде в пластике, в значительной мере определяет параметры подавления шума листов Flexield. Магнитная проницаемость определяет скорость нарастания плотности магнитного потока (В) в магнитном веществе в магнитном поле (Н). Другими словами, магнитная проницаемость является мерой того, насколько легко магнитный поток проходит сквозь вещество (магнетизирует его), и описывается следующим уравнением:

$$\mu = B/H.$$

Магнитомягкое вещество обладает высокой магнитной проницаемостью и малой коэрцитивной силой. Под воздействием переменного магнитного поля направление намагничивания легко изменяется на обратное, что и востребовано, например, во многих схемах с трансформаторными сердечниками. Однако если частота переменного магнитного поля очень высока, изменение плотности магнитного потока запаздывает относительно изменений магнитного поля, приводя к возникновению сдвига по фазе δ . Проницаемость магнитного материала при прохождении переменного тока определяется из соотношения:

$$\mu = \mu' - j\mu'' = |\mu| \cos \delta - j|\mu| \sin \delta$$

где μ' – действительная часть комплексной величины проницаемости, а μ'' – мнимая часть. Если $\delta = 0$, речь идет о магнитной проницаемости при прохождении постоянного



Рис. 3. Диаграмма показывает, как изменяется магнитная проницаемость под воздействием переменного магнитного поля

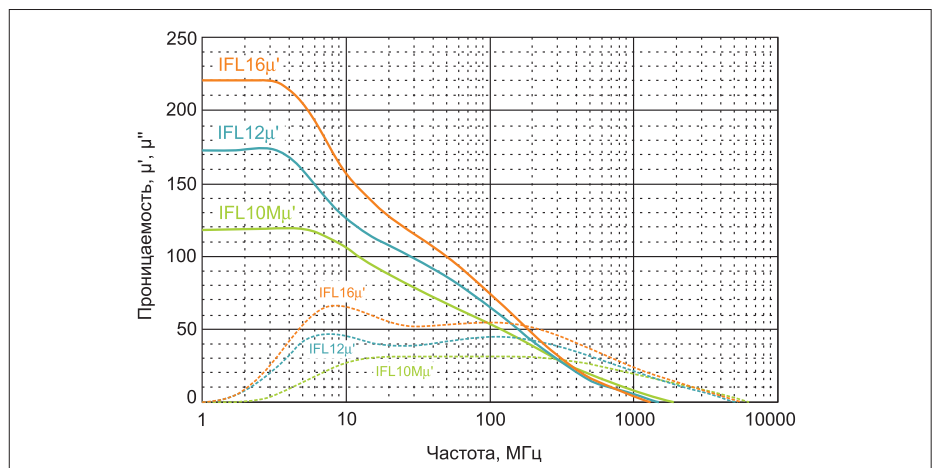


Рис. 4. Частотная зависимость проницаемости листов Flexield серии IFL, которые применяются для подавления шума

тока, но по мере увеличения частоты в случае переменного тока δ тоже увеличивается, а проницаемость падает.

Действительная часть μ' , мнимая часть μ'' и сдвиг фазы в комплексном представлении проницаемости связаны следующим образом:

$$\mu''/\mu' = \operatorname{tg} \delta,$$

где $\operatorname{tg} \delta$ – коэффициент потерь.

Чем меньше величина $\operatorname{tg} \delta$ у трансформаторного сердечника, тем меньше потери. Это значит, что материал сердечника очень хорош. В листах Flexield это свойство используется для подавления помех. На рисунке 3 представлена зависимость проницаемости от частоты переменного магнитного поля. В области низких частот в комплексной переменной преобладает действительная часть μ' . По мере увеличения частоты изменение плотности магнитного потока происходит с отставанием от изменения магнитного поля. При

определенной частоте возникает магнитный резонанс (резонанс колебаний доменных стенок, вихревое намагничивание и т. д.), из-за которого резко уменьшается действительная часть μ' , а мнимая часть μ'' возрастает.

Частотная характеристика проницаемости листов серии IFL

Действительная часть μ' комплексной проницаемости отражает меру проникновения магнитного потока. Чем она больше, тем, например, больше дальность связи, установленной с помощью антенны. Мнимая часть μ'' определяет величину магнитных потерь, или величину поглощения шума. Магнитомягкий металл, который входит в состав листов Flexield, поглощает шум в соответствии с величиной мнимой части и преобразует его в тепло. Таким образом, как подавитель шума лист должен работать в широком диапазоне частот, а μ''

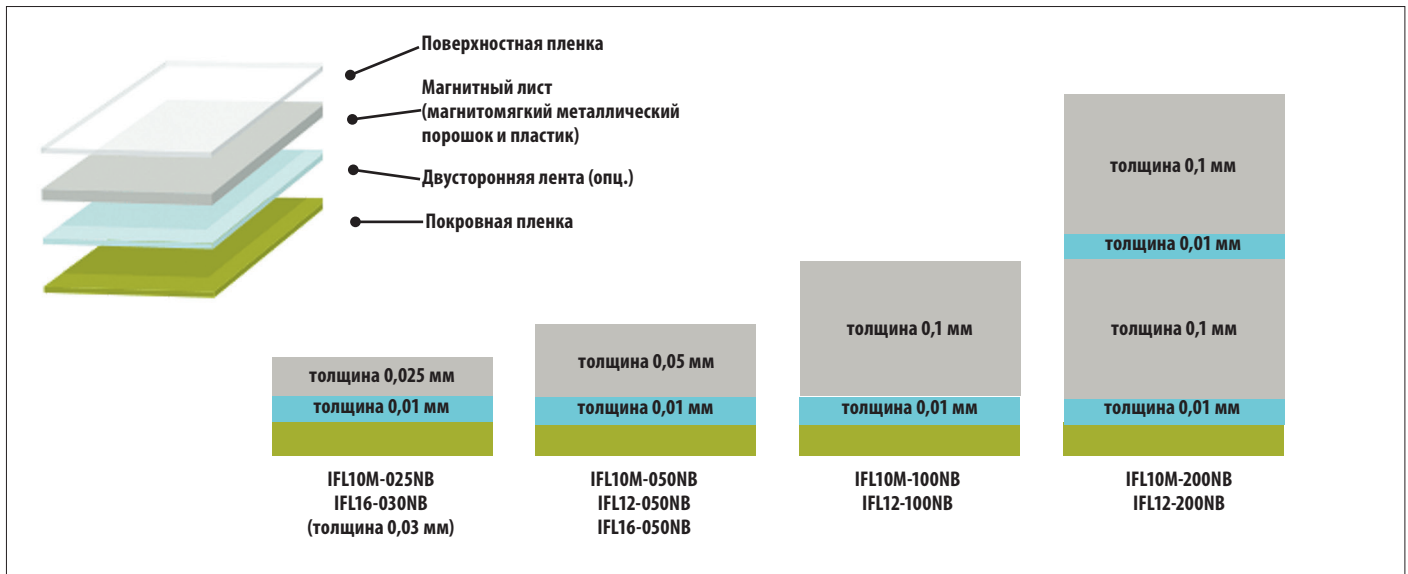


Рис. 5. Листы Flexield серии IFL разной толщины

является достаточно большой величиной в комплексной величине проницаемости.

Кстати, в магнитных листах Flexield другого типа, которые применяются для подавления шума в радиочастотных метках компании TDK (чтобы повысить чувствительность приема сигналов в RFID-системах), действительная часть μ' достаточно велика, а мнимая — мала на рабочей частоте 13,56 МГц. Таким образом, характеристики этих листов зависят от требований конкретного приложения. На рисунке 4 показана частотная зависимость проницаемости листов Flexield серии IFL.

Изделия серии IFL разной толщины

Эффективность подавления шума листом определяется мнимой частью его магнитной проницаемости μ'' и толщиной. Как правило, по мере повышения проницаемости материала растет и мнимая часть μ'' . Следовательно, для изготовления достаточно тонких листов требуется материал с высокой проницаемостью. Листы Flexield от TDK обладают малой толщиной и высокой проницаемостью. Например, у изделий IFL16, серийное производство которых осуществляется с 2015 г., высокая проницаемость $\mu = 220$ на частоте 1 МГц. Это самый высокий показатель в отрасли. Толщина этих листов

уменьшилась на 20% по сравнению с изделиями серии IFL12 при той же эффективности шумоподавления. В серию IFL входит широкий ряд изделий разной толщины в диапазоне 0,025–0,2 мм (рис. 5).

Метод изготовления листов Flexield

Существуют два метода производства листов, применяющихся для шумоподавления. «Сухой» метод состоит в том, что магнитомягкий металлический порошок в пластиковой заготовке прессуется с помощью каландрового вала. «Мокрый» метод заключается в нанесении покрывающей пленки, образующейся из смеси магнитомягкого металлического порошка, пластика и растворителя. Для изготовления листов Flexield серии IFL от компании TDK применяется второй метод, в котором задействованы технологии покрытия, разработанные для производства магнитных лент, оптических дисков и других электронных компонентов.

Второй метод нанесения покрытия позволяет изготавливать более тонкие магнитные листы, но для равномерного распределения мелкого порошка магнитомягкого металла в пластике и нанесения слоя покрытия в растворенном виде требуется высокоэффективная технология. На ри-

сунке 6 показан поперечный срез магнитного листа. Все крупинки магнитомягкого металлического порошка заключены в пластиковую оболочку и расположены в соответствии с ориентацией магнитного поля, образуя слой на поверхности листа.

Толщина слоя, образованного магнитомягким металлическим порошком, влияет на характеристики магнитного листа. Внешнее переменное магнитное поле вызывает вихревые токи в проводящей среде. Магнитное поле вихревых токов противодействует внешнему магнитному полю, а результирующее магнитное поле затухает в проводнике у поверхности. Это явление называется поверхностным эффектом. Расстояние, при прохождении которого магнитное поле ослабевает в e раз, называется глубиной проникновения поля в среду. Как уже упоминалось, мнимая часть μ'' комплексной величины проницаемости представляет собой эффективность поглощения шума магнитным листом. Если толщина слоя из магнитомягкого металла меньше глубины проникновения поля, величина μ'' растет. Следовательно, изменяя толщину и расположение слоя металлического порошка, можно получить лист с требуемой зависимостью проницаемости от частоты.

Тонкие листы Flexield серии IFL от TDK для подавления помех имеют высокую проницаемость благодаря магнитомягкому металлу собственной разработки компании. У этого материала действительная μ' и мнимая части μ'' подобраны оптимальным образом, что обеспечивает отличную дисперсность и ориентацию частиц.

Новые листы гибридного типа серии IFL

Компания TDK представляет новую продукцию — листы гибридного типа (магнитный слой + проводящий слой) с металличе-

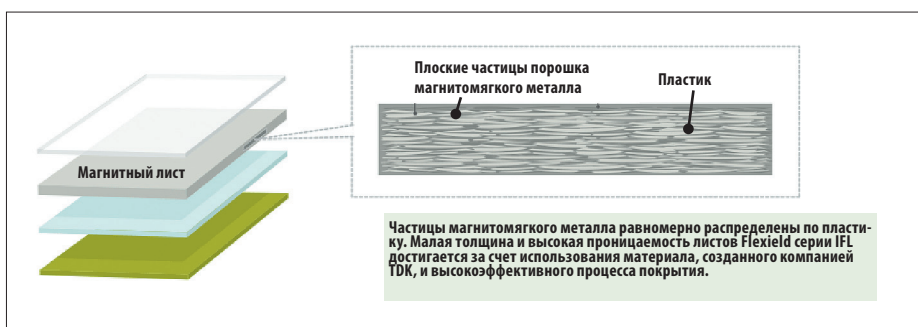


Рис. 6. Поперечный (схематичный) разрез магнитного листа

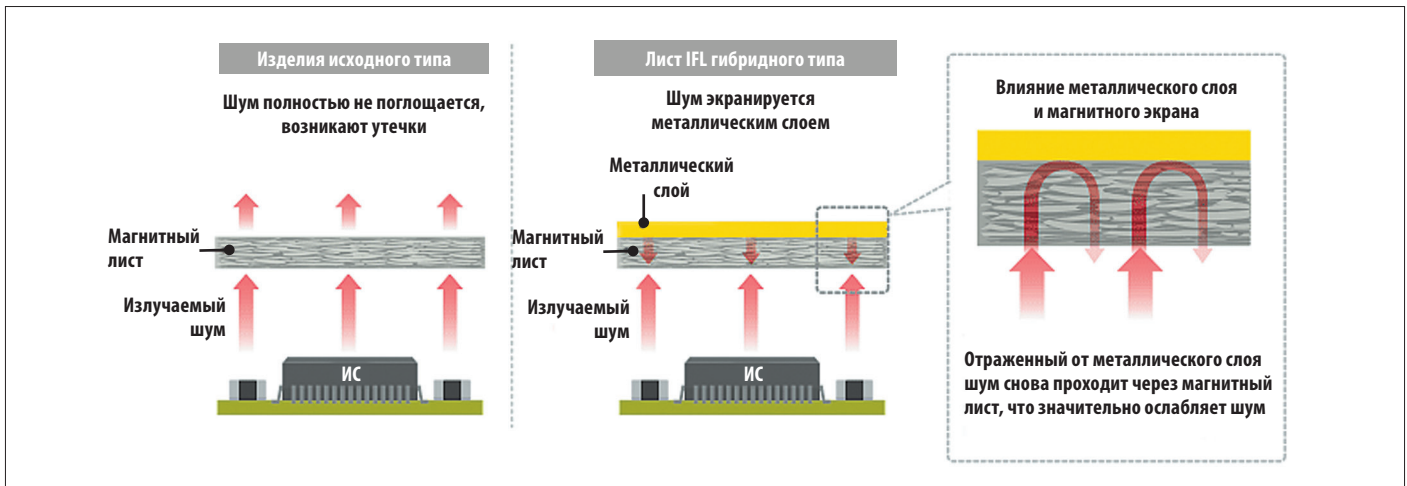


Рис. 7. Функция металлического слоя в листах гибридного типа серии IFL

ским слоем, серийное производство которых началось в 2016 г.

В новых листах гибридного типа, которые используются для подавления помех, вместо поверхностной пленки применяется металлический слой. Дело в том, что листы исходного вида подавляют помехи не полностью — часть шума все-таки проходит сквозь эти изделия. Для решения проблемы были разработаны листы гибридного типа. Из рисунка 7 видно, что шум, не поглощен-

ный магнитным листом, экранируется металлическим слоем; после отражения от этого слоя он поглощается магнитным листом. Другими словами, благодаря тому, что поступающий шум поглощается при прохождении через магнитный лист в прямом и обратном направлениях, энергия помех заметно ослабевает. Таким образом, в смартфонах, где плотность размещения компонентов очень высока, эти листы позволяют уменьшить излучаемый шум внутри корпуса.

На рисунке 8 приведен пример анализа магнитного поля в ближней зоне с использованием DDR-памяти в качестве испытуемого образца и листов гибридного типа серии IFL. Участки с высоким уровнем шума выделены красным цветом, а с малым шумом — синим. В изделиях исходного типа возникают утечки шума, тогда как в листах гибридного вида шум практически полностью подавляется. Из рисунка 8 видно, насколько эффективно подавляют шум листы с экранирующим слоем. ■

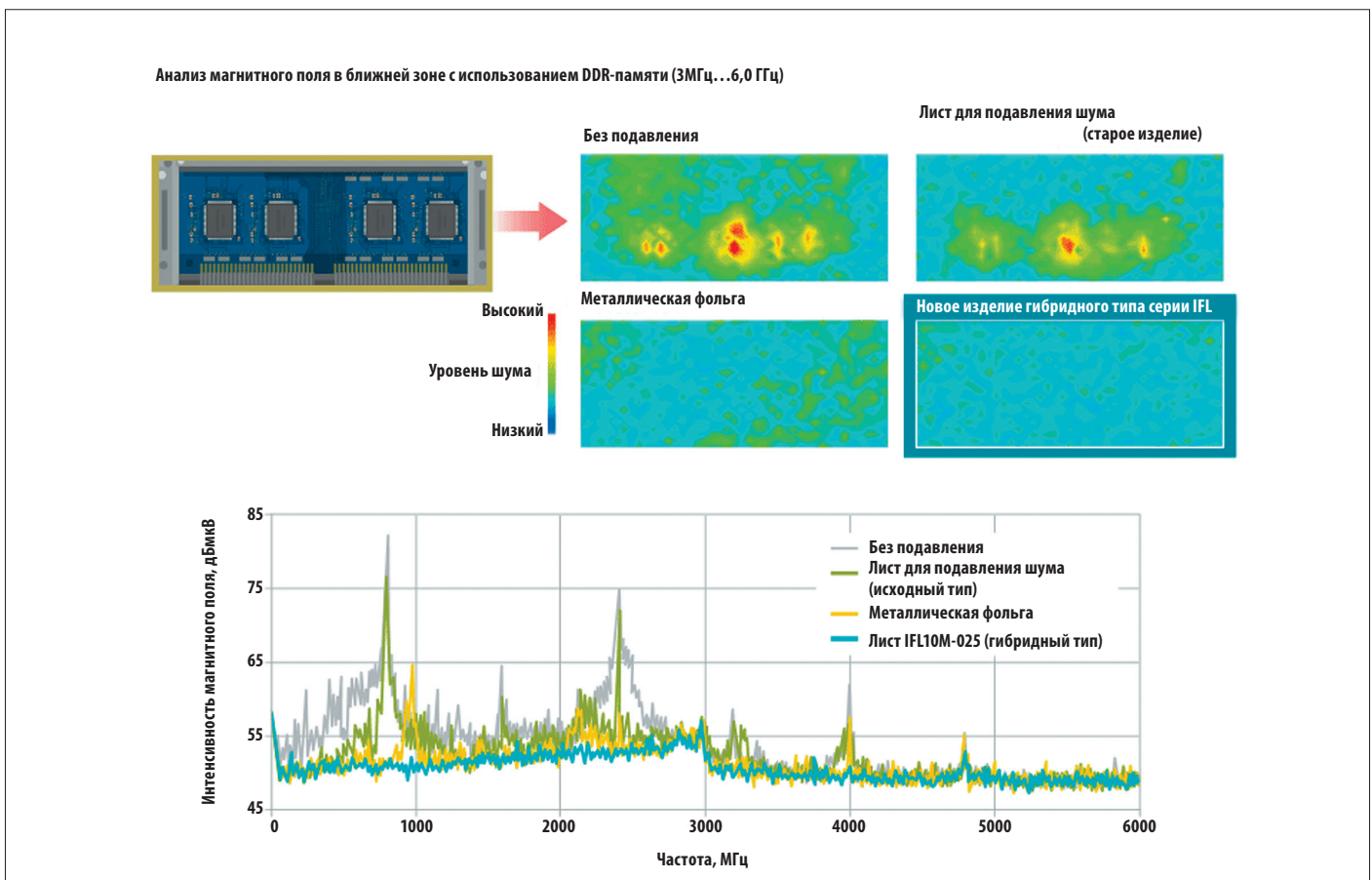


Рис. 8. Эффективность подавления помех с помощью листов гибридного типа серии IFL