

ОБЗОР УСТРОЙСТВ, ВЫПОЛНЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ LTCC

*Р.Д. Абулев, студент; А.В. Носов, аспирант каф. ТУ
Научный руководитель Р.С. Суровцев, доцент каф. ТУ, к.т.н.
г. Томск, ТУСУР, каф. ТУ, abulev.renat@gmail.com*

На сегодняшний день, одной из актуальных задач развития науки и техники является защита радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) от различных электромагнитных воздействий (ЭМВ), а в особенности от сверхкоротких импульсов (СКИ), которые способны проникать внутрь РЭА и выводить её чувствительные цепи из строя. Так, существующие устройства защиты зачастую неспособны обеспечить должной защиты РЭА от СКИ в силу своего недостаточного быстродействия, малой мощности и паразитных параметров [1]. Поэтому необходим поиск эффективных устройств защиты РЭА от СКИ. В связи с этим предложен простой подход, основанный на разложении СКИ в витке меандровой линии задержки за счет модальных искажений, вызванных различием погонных задержек мод сигнала [2]. Так для защиты РЭА могут быть использованы уже имеющиеся на печатной плате линии задержки. Между тем, предлагаемые защитные линии имеют достаточно большие размеры, что зачастую неприемлемо для их использования в современной РЭА.

Для решения проблемы миниатюризации устройств может быть использована технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC), которая применяется для реализации различных радиотехнических компонентов и устройств. Одним из основных преимуществ технологии является большое значение диэлектрической проницаемости керамических подложек, что позволяет обеспечить высокое значение разности погонных задержек с возможностью более гибкого выбора других параметров линии. Еще одним преимуществом является возможность реализации меандровой линии большой протяженности в компактных размерах. Также отметим ряд других, не менее важных, особенностей устройств на основе данной технологии: герметичность от влаги, устойчивость к нагреву при сильных индукционных токах, неизменность геометрии при резких перепадах температуры. Однако, перед исследованием возможности реализации защитных линий задержки по данной технологии, необходимо выполнить обзор исследований близких устройств и выявить наиболее значимые особенности их проектирования по LTCC-технологии. Поэтому цель данной работы заключается в обзоре работ, направленных на проектирование устройств по технологии LTCC.

Примечателен подход к проектированию дифференциальных линий задержки [3]. В данном исследовании выполнено сравнение ряда конструкций линий задержки с точки зрения обеспечиваемой ею величины задержки и её размеров. Рассмотрены связанная линия задержки с боковой связью, витая линия, дифференциальная меандровая линия и предлагаемая трехмерная структура дифференциальной линии, выполненная по ЛТСС-технологии (рис. 1). Главной особенностью предлагаемой структуры является высокая величина погонной задержки в компактных размерах, по сравнению с другими конструкциям. В результате моделирования и эксперимента показано увеличение погонной задержки до 6 раз, тогда как искажения, затухания и потери имеют допустимые значения. Показано, что ЛТСС-технология надежна и позволяет реализовать высокопроизводительные схемы в малых размерах.

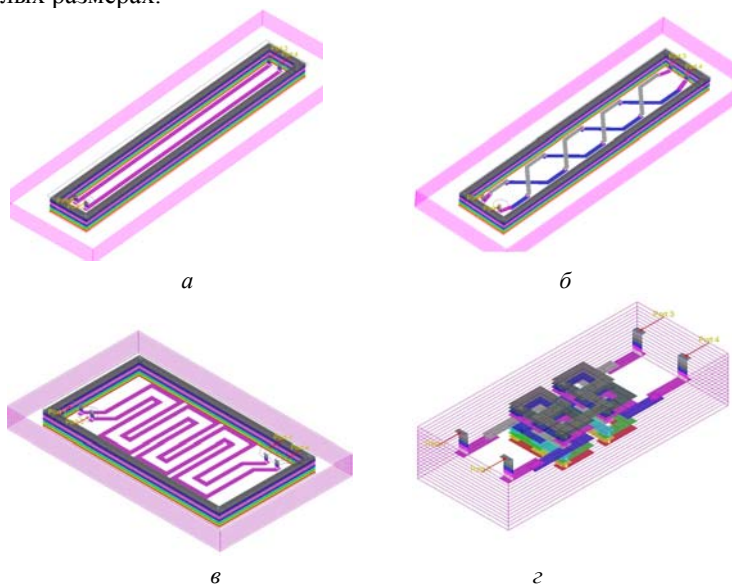
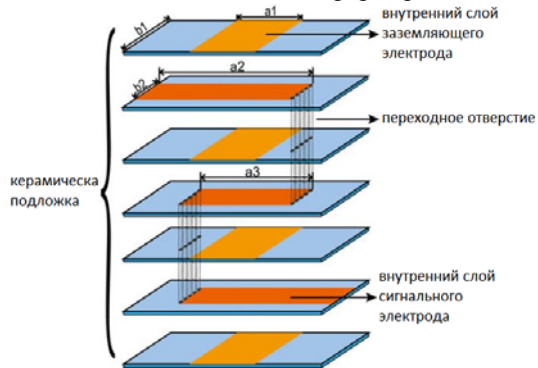


Рис. 8. Дифференциальная линия задержки с боковой связью (а), плетеная линия задержки (б), дифференциальная меандровая линия задержки (в), трехмерная дифференциальная линия задержки (г)

Известен ЕМI-фильтр (фильтр электромагнитных помех) на основе сложной конструкции проходного многослойного керамического конденсатора (МКК) с увеличенным подавлением в полосе заграждения (рис. 2) [4]. Внутренние опорные и сигнальные слои поочередно распределены на многослойной ЛТСС-подложке. Верхний и

нижний сигнальные слои структуры соединены с выводами, а остальные – соединены между собой для формирования сложной структуры. Паразитные эффекты на внутренних сигнальных слоях, включая эквивалентную параллельную емкость и последовательную индуктивность, использованы для формирования настраиваемого нуля ко-



эффициента передачи в полосе заграждения путем складывания МКК. За счет использования LTCC-технологии фильтр имеет компактные размеры.

Рис. 2. Структура предложенного ЕМИ фильтра

Как видно из приведенных работ, реализация устройств на основе LTCC-технологии позволяет добиться не только компактных размеров устройств, но и зачастую улучшить их характеристики. Дальнейшим этапом данных исследований является исследование возможности реализации защитных линий задержки на основе данной технологии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации №14.256.18.356-МД.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gizatullin Z.M. Investigation of the Immunity of Computer Equipment to the Power-Line electromagnetic Interference / Z.M. Gizatullin, R.M. Gizatullin // Journal of Communications Technology and Electronics, Vol. 61. – No. 5. – P. 546–550.
2. Surovtsev R.S. Possibility of Protection Against UWB Pulses Based on a Turn of a Meander Microstrip Line / R.S. Surovtsev, A.V. Nosov, A.M. Zabolotsky, T.R. Gazizov // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 59. – No. 6. – pp. 1864–1871.
3. Colom P.B. Design of differential delay lines in low temperature cofired ceramics / P.B. Colom, F. Ramos, J.S. Córdoba // Ph.D. Research in Microelectronics and Electronics (PRIME), 2016 12th Conference on. – Lisbon, Portugal, 27–30 June, 2016. – P. 4.
4. Folded feedthrough multilayer ceramic capacitor EMI filter / X.C. Wang, Y.Y. Sun, J.H. Zhu, Y.H. Lou, W.-Z. Lu // IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility. – June 2017. – Vol. 59, No. 3. – P. 996–999.