

РАЗРАБОТКА МНОГОКАНАЛЬНОЙ ГИБКОЙ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ КОПЛАНАРНОЙ ЛИНИИ ДЛЯ СЪЕМА ИМПУЛЬСНОГО СИГНАЛА С ДЕТЕКТОРОВ

А.Ю. Кузин
НИУ ВШЭ,

департамент электронной инженерии
МИЭМ НИУ ВШЭ

Аннотация

Данная работа посвящена разработке высокочастотной гибкой линии, соединяющей волноводные сверхпроводниковые однофотонные детекторы (WSPDs) [1] с многоканальным блоком электроники через высокочастотные коаксиальные линии. С применением моделирования производится численный расчёт характеристического сопротивления 50-омной многоканальной линии для согласования многоканального блока электроники через высокочастотные коаксиальные линии с детекторами на чипе.

Введение

Целью работы являлся численный расчёт характеристического сопротивления 8-ми канальной гибкой высокочастотной копланарной линии для съёма импульсного сигнала с детекторов, а также разработка дизайна для последующего производства. Эта линия будет использоваться как для смещения восьми SNSPDs постоянным электрическим током, так и для съёма высокочастотных импульсов с них.

Расчёт линии

Гибкая многоканальная высокочастотная линия выполнена нами по гибридной схеме и сочетает в себе как свойства микрополосковой линии, так и копланарной, объединяя в себе их преимущества [2]. На первом этапе разработки линии было выполнено моделирование такой линии в программах Qucs (рис.1) и COMSOL Multiphysics (рис.2).

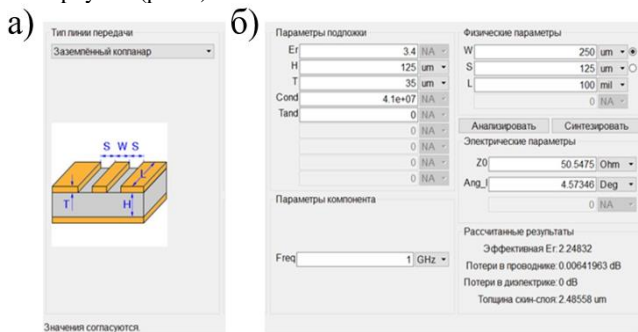


Рис.1. Расчет характеристического сопротивления линии в программе Qucs. а) Поперечное сечение линии с указанием оптимизируемых геометрических размеров: w - ширина микрополоски, s - зазор между микрополоском и землей, T - толщина слоя металлизации, H - толщина слоя диэлектрика. б) Таблицы основных параметров: параметры подложки, физические параметры линии (ширина, высота и зазор между микрополоском и землей), а также рассчитанный импеданс и потери в линии

В качестве основного материала нами был выбран AP9151R [3], а качестве покрывной пленки - фото проявляемая гибкая маска PC1020 [4]. Результаты численного расчета многоканальной высокочастотной линии показаны на рис.1, рис.2 и рис. 3. Особое внимание уделено кросстоку (взаимному влиянию) между ВЧ линиями, который может оказать существенное влияние на соседние линии и привести к ложным срабатываниям сверхпроводниковых однофотонных детекторов, подсоединенных к соседним линиям.

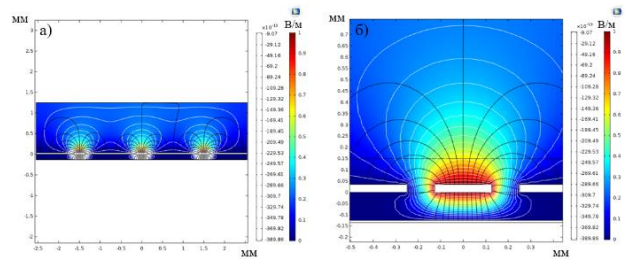


Рис.2. 2D-модель многоканальной гибкой высокочастотной копланарной линии для съема импульсного сигнала с детекторов, выполненная в программе COMSOL Multiphysics. а) Поперечное сечение. Цветом показано электрическое поле. б) Увеличенное изображение одного из каналов линии: черные линии - линии напряженности электрического поля, белые линии - эквипотенциальные линии

На рис. 3 показан результат численного моделирования зависимости характеристического сопротивления от частоты, выполненный с помощью 2D модели в программе COMSOL Multiphysics.

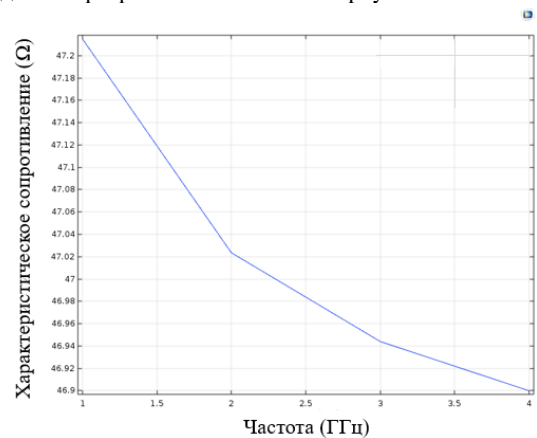


Рис.3. Зависимость характеристического сопротивления от частоты

Результаты

В процессе численного расчета было подобрано расстояние между сигнальными линиями (1,5 мм), а также выполнены микроотверстия радиусом 2 мм, соединяющие верхнюю и нижнюю земляные линии (рис. 4), что позволило обеспечить пренебрежимо малый уровень кросстока.

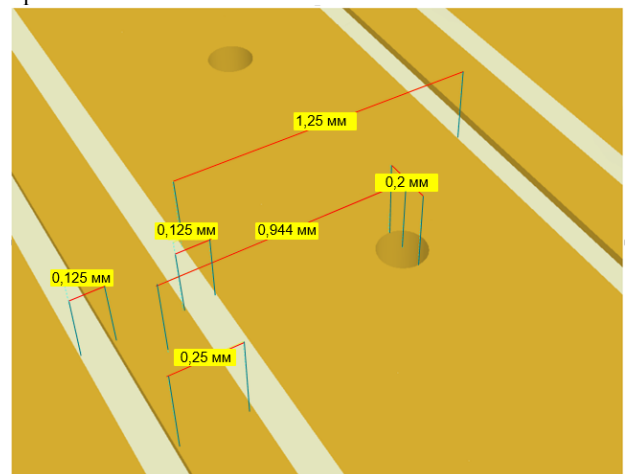


Рис.4. Иллюстрация геометрических размеров компонентов линии, полученных в результате численного моделирования: ширина сигнальной линии – 0,25 мм, расстояние между земляным и сигнальным контактом – 0,125 мм, радиус микроотверстия – 0,2 мм и расстояние между сигнальными линиями – 1,5 мм

На рис. 5 показана 3D модель многоканальной гибкой высокочастотной копланарной линии для съема импульсного сигнала с детекторов выполненная в программе Altium Designer.

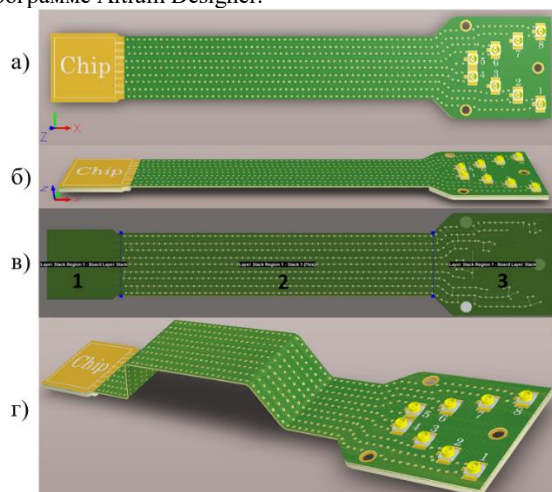


Рис. 5. 3D-модель многоканальной гибкой высокочастотной копланарной линии для съема импульсного сигнала с детекторов, выполненная в программе Altium Designer. Точки-отверстия соединяющие верхний и нижний земляной слой для выравнивания потенциала между ними. а) Вид сверху: обозначено место для чипа (слева), а также ВЧ разъемы типа IPX (справа). б) изометрический вид сбоку. в) Вид снизу, включающий обозначение основных частей линии (слева-направо): 1-место для чипа, 2-многоканальная линия, 3-место перехода линии на разъемы IPX. г) Изометрический вид для демонстрации гибкости многоканальной копланарной линии связи

Заключение

Таким образом, в данной работе была разработана высокочастотная гибкая линия с характеристическим сопротивлением равным 50 ом, соединяющая волноводные сверхпроводниковые однофотонные детекторы (WSSPDs) с многоканальным блоком электроники через высокочастотные коаксиальные линии.

Список литературы:

1. Ferrari S. Waveguide-integrated single- and multi-photon detection at telecom wavelengths using superconducting nanowires / Ferrari S., Kahl O., Kovalyuk V., Goltsman G. N., Korneev A., Pernice W. H. P. // Applied Physics Letters. – 2015 – Vol 106 – P. 151101(1-5).

2. Гвоздев В. И. Объемные интегральные схемы СВЧ / Гвоздев В. И., Нефёдов Е. И. // М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы – 1985 – №1 – С. 29-77.

3. DuPont™ Pyralux® AP: flexible circuit materials [Электронный ресурс]. URL: https://www.rezonit.ru/metbase/PyraluxAPclad_DataSheet.pdf (дата обращения: 27.12.2018).

4. DuPont™ Pyralux® PC 1000: flexible circuit materials [Электронный ресурс]. URL: https://www.rezonit.ru/metbase/PyraluxPC1000coverlay_DataSheet.pdf (дата обращения: 27.12.2018).