

РЭСПУБЛІКА БЕЛАРУСЬ



ПАТЭНТ

НА ВЫНАХОДСТВА

№ 16422

Способ создания высокочастотного микротрансформатора

выдадзены

Нацыянальным цэнтрам інтэлектуальнай уласнасці
ў адпаведнасці з Законам Рэспублікі Беларусь
«Аб патэнтах на вынаходствы, карысныя мадэлі, прамысловыя ўзоры»

Патэнтаўладальнік (патэнтаўладальнікі):

Государственное научно-производственное объединение "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению" (ВУ)

Аўтар (аўтары):

Демьянов Сергей Евгеньевич; Каноков Егор Юрьевич; Петров Александр Владимирович (ВУ)

Заяўка № а 20101909

Дата падачы: 2010.12.29

Зарэгістравана ў Дзяржаўным рэестры
вынаходстваў:

2012.06.25

Дата пачатку дзеяння:

2010.12.29

В.а. генеральнага дырэктара

Дз.І. Нядзвецкі

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ
СОБСТВЕННОСТИ

(19) ВУ (11) 16422

(13) С1

(46) 2012.10.30

(51) МПК

H 01F 41/00 (2006.01)

H 01F 41/04 (2006.01)

C 23C 14/04 (2006.01)

C 23C 14/34 (2006.01)

(54)

СПОСОБ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО МИКРОТРАНСФОРМАТОРА

(21) Номер заявки: а 20101909

(22) 2010.12.29

(43) 2012.08.30

(71) Заявитель: Государственное научно-производственное объединение "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению" (ВУ)

(72) Авторы: Демьянов Сергей Евгеньевич; Канюков Егор Юрьевич; Петров Александр Владимирович (ВУ)

(73) Патентообладатель: Государственное научно-производственное объединение "Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению" (ВУ)

(56) ПЕТРОВ А.В. и др. Микротрансформаторы и микроконденсаторы на основе ионных треков: Сборник докладов ФТТ-2005. - 2005. - С. 479-481.
PETROV A. Principles of Production of New Devices for Micro- and Nanoelectronics on the Base of Materials with Ion Tracks: Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades Doktor-Ingenieur, Hagen. - 2004. - P. 94-106, 142-144, 147-150.

(57)

Способ создания высокочастотного микротрансформатора, в котором на обе стороны гибкой пленки полиимида со сквозными цилиндрическими порами термическим напылением осаждают медь через идентичные трафаретные маски в указанные поры для формирования переходных проводников, выполненных в виде столбиков меди в порах; затем последовательно на обе стороны указанной пленки через соответствующие трафаретные маски напыляют медные проводники в виде элементов планарных полуобмоток трансформатора, контактирующих между собой через указанные переходные проводники, для завершения формирования структуры трансформатора в целом.



Фиг. 1

Изобретение относится к области слаботочной электротехники, микроэлектроники и может быть использовано в высокочастотных электротехнических системах аэрокосмического назначения, в автомобильной технике и медицине.

Известен способ создания микротрансформатора, структура которого формируется на подложке кремния [1]. Микротрансформатор состоит из двух медных планарных катушек, каждая из которых представляет собой спираль с различным количеством витков для первичной и вторичной обмоток. Микротрансформатор изготавливался на основе кремния по стандартному 90 нм КМОП-процессу (комплементарная логика на транзисторах металл-оксид-полупроводник) с использованием методов термического напыления SiO_2 , нанесения затравочного слоя, гальванического осаждения меди, химико-механической обработки медного слоя, нанесения фоторезиста, травления через шаблон и нанесения пассивационной пленки. На первом этапе на оксидированную поверхность кремния наносился слой фоторезиста, который в последующем травился через шаблон. Далее производилось гальваническое осаждение меди на предварительно нанесенный затравочный слой, после чего избыточная медь удалялась при помощи химико-механической обработки таким образом, чтобы формировалась структура медной обмотки заданной формы. На конечном этапе обмотки защищались пассивационной пленкой. Такой микротрансформатор работоспособен в диапазоне частот 10^6 - 10^{10} Гц, имеет аспектное соотношение (отношение ширины проводника к расстоянию между витками), равное 8, взаимная индуктивность обмоток составляет 1,45 нГн и коэффициент связи 57 %.

Недостаток данного способа заключается в многостадийности технологии изготовления, связанной с несколькими этапами фотолитографии и применением различных физико-химических методик травления, а главное - с необходимостью использования жесткой кремниевой подложки на всех стадиях изготовления микротрансформатора.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому изобретению является способ создания высокочастотного микротрансформатора, заключающийся в формировании его структуры в виде двух однослойных спиральных обмоток планарного типа из проводника медно-алюминиевого сплава, разделенных диэлектриком, которые сформированы на подложке кремния [2].

Данный способ заключается в том, что микротрансформатор, представляющий собой многослойную структуру, изготавливался по 9-ступенчатой технологии с использованием методов фотолитографии, термического напыления, магнетронного реактивного ионного травления и плазмохимического травления фтористыми и хлористыми газами. На первом этапе на окисленную поверхность кремния с толщиной слоя оксида кремния 1 мкм при помощи напыления проводящего сплава Al-Cu толщиной 10 мкм наносился слой проводника, в дальнейшем используемый для создания первичной обмотки трансформатора. Далее поверх пленки Al-Cu напылялся слой SiO_2 , который использовался как маска для травления. Слой SiO_2 , в свою очередь, покрывался положительным фоторезистом, а фототравление выполнялось таким образом, чтобы стравить оксид кремния, оставив спиральную обмотку с шагом 3 мкм. После этого, используя газ CF_4 , проводилось плазмохимическое травление полученной структуры с использованием фоторезиста в качестве маски. Слой SiO_2 , не защищенный фоторезистом, был стравлен с сохранением спиральной катушки. При помощи магнетронного реактивного ионного травления с использованием газов Cl_2 и BCl_3 стравливался слой Al-Cu до поверхности оксида кремния на кремнии. В результате была сформирована первичная обмотка трансформатора спирального типа. Далее удалялся фоторезист и слой SiO_2 , расположенный поверх проводника Al-Cu, после чего напылялся слой SiO_2 толщиной 1,5 мкм для разделения первичной и вторичной обмоток. Аналогично первичной формировалась вторичная обмотка. Созданный таким образом планарный микротрансформатор имеет следующие параметры: аспектное соотношение 3,3, индуктивность первичной обмотки 3,8 мкГн, индуктивность вторичной обмотки 14 мкГн, взаимная индуктивность 6,8 мкГн, коэффициент связи 93 %.

Синусоидальное напряжение частотой 500 МГц с эффективным значением 1 В, приложенное к первичной обмотке трансформатора, приводит к повышению напряжения на второй обмотке до 1,7 В.

Недостатком указанного способа является его сложность, обусловленная многостадийной технологией с применением различных методик изготовления.

Задачей заявляемого решения является упрощение способа создания высокочастотного микротрансформатора.

Поставленная задача решается за счет того, что на диэлектрик наносятся проводники из меди с помощью трафаретных масок.

Новым, по мнению авторов, является то, что на обе стороны гибкой пленки полиимида со сквозными цилиндрическими порами термическим напылением осаждают медь через идентичные трафаретные маски в указанные поры для формирования переходных проводников, выполненных в виде столбиков меди в порах; затем последовательно на обе стороны указанной пленки через соответствующие трафаретные маски напыляют медные проводники в виде элементов планарных полуобмоток трансформатора, контактирующих между собой через указанные переходные проводники, для завершения формирования структуры трансформатора в целом. Для изготовления обмоток трансформатора в качестве основы используется диэлектрическая пленка полиимида со сквозными порами средним диаметром 0,2 мкм и плотностью $10^7/\text{мм}^2$. Они служат переходными отверстиями, обеспечивающими электрический контакт между частями обмоток, сформированными на обеих сторонах пленки диэлектрика.

Сущность изобретения заключается в использовании в качестве диэлектрической основы гибкой пленки полиимида, содержащей сквозные поры, в исключении при изготовлении жесткой подложки кремния и его оксида, а также многостадийных процессов фотолитографии и травления для формирования структуры трансформатора.

На фиг. 1 приведено схематическое изображение структуры обмоток микротрансформатора.

На фиг. 2 приведена микрофотография трансформатора, сформированного на пористой пленке полиимида.

На фиг. 3 приведены частотные зависимости напряжения на первичной и вторичной обмотках микротрансформатора.

Данное изобретение, а именно способ создания высокочастотного микротрансформатора, реализуется следующим образом. В качестве основы для формирования обмоток трансформатора применена гибкая диэлектрическая пленка полиимида толщиной 20 мкм со сквозными цилиндрическими порами средним диаметром 0,2 мкм и плотностью $10^7/\text{мм}^2$. Конструктивно микротрансформатор состоит из двух вставленных одна в другую трехмерных спиральных обмоток (фиг. 1).

Структура обмоток микротрансформатора формировалась путем нанесения на пленку полиимида проводников из меди с помощью трафаретных масок. На первом этапе с обеих сторон полиимидной пленки накладывались 2 идентичные маски с заданным количеством и расположением отверстий, которые при термическом напылении меди формировали столбики металла в порах, выполняющие роль переходных проводников между слоями планарных полуобмоток. Далее на одной из сторон полиимидной пленки с помощью маски напылялись медные проводники, горизонтально соединяющие столбики металла в порах. Таким способом была сформирована половина обеих обмоток трансформатора. Напыление меди для образования второй части обмотки производилось на обратной стороне полиимидной пленки с помощью маски, форма которой позволила диагонально соединить межслойные металлические перемычки и сформировать структуру обмоток трансформатора в целом.

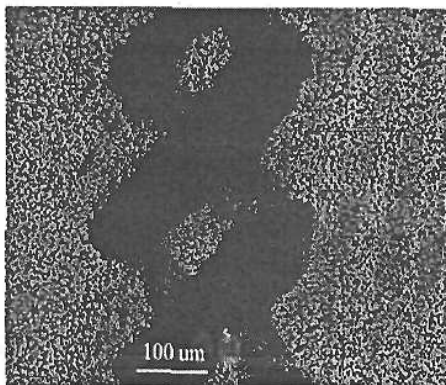
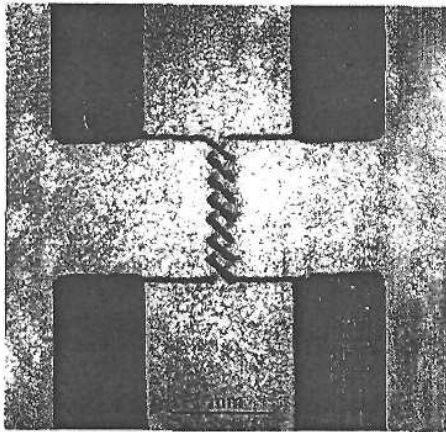
Созданный таким образом микротрансформатор (фиг. 2) имеет трехмерную конфигурацию и состоит из двух обмоток с числом витков 3 и 4. Толщина витков равнялась

10 мкм при ширине витка 100 мкм и межвитковом зазоре 30 мкм. Аспектное соотношение составило 3,3. Измерение частотных зависимостей формы и электрического напряжения на первичной и вторичной обмотках свидетельствовало о его работоспособности как высокочастотного трансформатора в интервале частот 10^7 - 10^9 Гц с коэффициентом связи около 90 % (фиг. 3).

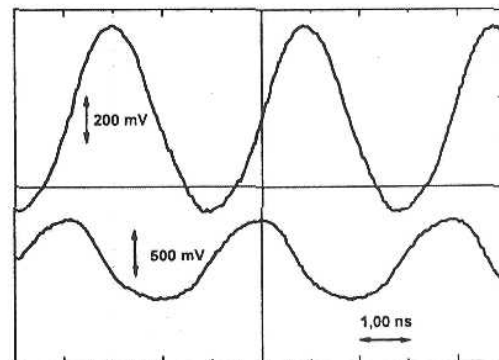
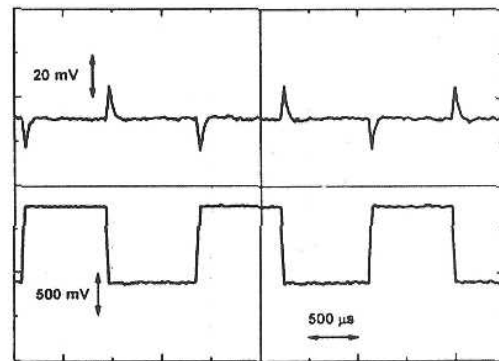
Преимуществами заявляемого изобретения по сравнению с известным является: использование в качестве диэлектрической основы гибкой пленки полиимида, исключение необходимости формирования многослойной структуры обмоток на жесткой подложке кремния с оксидированным слоем и процесса фотолитографии.

Источники информации:

1. Heng-Ming Hsu, Ming-Chang Tsai and Kuo-Hsun Huang // Journal of Micromechanics and Microengineering. - 2007. - Vol. 17. - P. 1504-1510.
2. Mizoguchi T., Sato T., Sahashi M., Hasegawa M. // Patent US 6,593,841 B1, 15.07.2003.



Фиг. 2



Фиг. 3