

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU⁽¹¹⁾ 175 056⁽¹³⁾ U1

(51) МПК

H03K 3/027 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: [2017101021](#), 11.01.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
11.01.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 11.01.2017

(45) Опубликовано: [16.11.2017](#) Бюл. № [32](#)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2545325 C1, 27.03.2015. RU 158709 U1, 20.01.2016. US 2009/0146719 A1, 11.06.2009. US 6515537 B2, 04.02.2003. US 6329860 B1, 11.12.2001.

Адрес для переписки:

394026, г. Воронеж, Московский пр-т, 14,
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Воронежский
государственный технический
университет" (ВГТУ), патентный отдел

(72) Автор(ы):

Мушта Александр Иванович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Воронежский
государственный технический
университет" (ВГТУ) (RU)

(54) Генератор на КМОП транзисторных ультравысоких гармонических колебаний

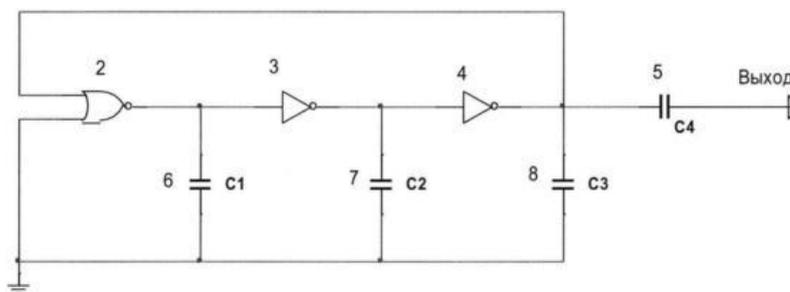
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области радиотехники.

Технический результат – расширение функциональных возможностей генератора амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах с индуцированными каналами, заключающееся в генерации ультравысоких гармонических сигналов.

Для этого генератор на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических колебаний содержит выполненные на КМОП транзисторах с индуцированными каналами логические элементы: логический элемент - ЛЭ 2ИЛИ-НЕ, первый ЛЭ НЕ, второй ЛЭ НЕ, конденсаторы постоянной емкости С1, С2, С3 и С4, из которых конденсатор С4 является разделительным, выход ЛЭ 2ИЛИ-НЕ соединен с первым выводом конденсатора С1 и входом первого ЛЭ НЕ, выход первого ЛЭ НЕ соединен с первым выводом конденсатора С2 и входом второго ЛЭ НЕ, второй вход ЛЭ 2ИЛИ-

НЕ соединен с первым выводом конденсатора С3, первым выводом конденсатора С4 и выходом второго ЛЭ НЕ, вторые выводы конденсаторов С1, С2, С3 соединены с общей шиной источника питания устройства, второй вывод конденсатора С4 является выходом заявленного генератора, при этом первый вход ЛЭ 2ИЛИ-НЕ соединен с общей шиной источника питания устройства; регулировать частоту генерации в пределах сотен МГц можно путем изменения в пределах десятых долей рF емкости хотя бы одного любого конденсатора С1, С2 или С3. 8 ил., 1 табл.



Фиг. 4

Полезная модель «Генератор на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических колебаний» относится к области радиотехники и может быть использована в радиопередающих устройствах, в измерительной технике в качестве источника ультравысоких гармонических сигналов. Ультравысокие радиочастоты занимают диапазон 0.3-3.0 (ГГц) (Словарь радиолобителя. Под редакцией Л.П. Крайзера и В.П. Сочивко. Издание пятое, переработанное и дополненное. Ленинград «Энергия», Ленинградское отделение. 1979, стр. 238).

«В полупроводниковом материале с электронной электропроводностью в 1963 году Ганн обнаружил явление генерации высокочастотных колебаний электрического тока в случае приложения к образцу полупроводникового материала постоянного напряжения, превышающее некоторое критическое значение. Оказалось, что частота колебаний зависит от длины образца и лежит в диапазоне нескольких гигагерц» (Ефимов И.Е. Микроэлектроника. Проектирование, виды микросхем, новые направления. / И.Е. Ефимов, Ю.И. Горбунов, И.Я. Козырь. - М.: Высш. шк. 1978, стр. 288). Вольтамперная характеристика однородного образца полупроводникового материала приведена на фиг. 1. «Генерация колебаний происходит в том случае, если постоянное напряжение U , приложенное к полупроводниковому образцу длиной l (эль), создает электрическое поле E , равное интервалу,

$$E_1 \leq E_0 \leq E_2, \quad (1)$$

который ограничивает падающий участок вольтамперной характеристики» (фиг. 1) (Ефимов И.Е. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность. / И.Е. Ефимов, Ю.И. Горбунов, И.Я. Козырь. - М.: Высш. шк. 1977, стр. 31. Структура генератора Ганна на однородном образце полупроводникового материала приведена на фиг. 2 - Овечкин Ю.А. Полупроводниковые приборы. / Ю.А. Овечкин - М.: «Высш. шк.», 1982, стр. 71). Она дает некоторое представление об использовании однородного образца полупроводникового материала для генерации сигналов.

Наиболее близким к заявленному генератору является известный генератор амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах (Мушта А.И., Шеховцов Д.В. Патент на полезную модель РФ № 158709 «Генератор амплитудно-манипулированных гармонических сигналов», Бюл. № 2, Заявка 2015116491, опубл. 29.04.2015). Он содержит внешний генератор управляющих

прямоугольных импульсов, четыре КМОП транзистора с индуцированными каналами, четыре конденсатора постоянной емкости.

Структурная схема генератора амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах (патент на полезную модель РФ № 158709, бюл. № 2, заявка 2015116491, опубл. 29.04.2015) приведена на фиг. 3 - прототип. «Генератор амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах» (патент на полезную модель РФ № 158709, бюл. № 2, заявка 2015116491, опубл. 29.04.2015) генерировать манипулированные по амплитуде гармонические колебания в широком (сотни МГц - единицы ГГц) интервале частот, генерация амплитудно-манипулированных колебаний в генераторе на КМОП транзисторах по своей природе аналогична генерации высокочастотных колебаний в полупроводниковом материале с электронной проводимостью» (патент на полезную модель РФ № 158709, бюл. № 2, заявка 2015116491, опубл. 29.04.2015), «обнаруженной Ганном», (Ефимов И.Е. Микроэлектроника. Проектирование, виды микросхем, новые направления. / И.Е. Ефимов, Ю.И. Горбунов, И.Я. Козырь. - М.: Высш. шк. 1978, стр. 288).

Недостатком этого известного генератора манипулированных по амплитуде гармонических сигналов на КМОП транзисторах является то, что он не может генерировать незатухающие электрические колебания.

Целью заявленного технического решения является расширение функциональных возможностей генератора амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах с индуцированными каналами путем совершенствования конструкции генератора.

Достижимым техническим результатом заявленного генератора является расширение функциональных возможностей генератора амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах с индуцированными каналами, заключающееся в генерации ультравысоких гармонических сигналов.

Генератор на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических сигналов приведен на фиг. 4. Он содержит выполненные на КМОП транзисторах с индуцированными каналами логические элементы: логические элементы 2ИЛИ-НЕ (2), {вид логического элемента 2ИЛИ-НЕ (2) в схеме заявленного генератора приведен на фиг. 5}, первый ЛЭ НЕ (3), второй ЛЭ НЕ (4), конденсаторы постоянной емкости С4 (5), С1 (6), С2 (7), С3 (8), выход ЛЭ 2ИЛИ-НЕ (2) соединен с первым выводом конденсатора С1 (6) и входом первого ЛЭ НЕ (3), выход первого ЛЭ НЕ (3) соединен с первым выводом конденсатора С2 (7) и входом второго ЛЭ НЕ (4), выход второго ЛЭ НЕ (4) соединен с первыми выводами конденсатора С3 (8) и разделительного конденсатора С4 (5), вторые выводы конденсаторов С1 (6), С2 (7), С3 (8) соединены с общей шиной источника питания устройства, второй вывод конденсатора С4 (5) является выходом заявленной полезной модели «Генератор на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических сигналов».

Заявленный генератор отличается тем, что первый вход ЛЭ 2ИЛИ-НЕ (фиг. 4), то есть затвор nМОП транзистора Q1 (14) (фиг. 5), являющийся первым входом ЛЭ 2ИЛИ-НЕ, соединен с общей шиной источника питания устройства.

Генератор на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических сигналов работает следующим образом. На фиг. 5 для удобства изложения первый вход, второй вход и выход ЛЭ 2ИЛИ-НЕ (2) обозначены буквами «а», «b», «с» соответственно и без кавычек. «Высокочастотное гармоническое колебание на выходе... полезной модели генератора амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах имеет место в течение времени, при котором напряжение на выходе управляющего генератора равно напряжению логического нуля. При возникновении на выходе управляющего генератора перепада напряжения $0 \rightarrow 1$ колебания на выходе генератора амплитудно-манипулированных

гармонических сигналов на КМОП транзисторах прекращаются» - патент на полезную модель РФ №158709, ОПМ (описание полезной модели, бюл. № 2, заявка 2015116491, опубл. 29.04.2015). Графическая реализация такого утверждения приведена также на фиг. 4, ОПМ (описание полезной модели - патент на полезную модель РФ № 158709, бюл. № 2, заявка 2015116491, опубл. 29.04.2015).

Таким образом, в заявленном генераторе для генерации ультравысокочастотных гармонических колебаний принципиально важно, чтобы первый вход ЛЭ 2ИЛИ-НЕ (2) имел нулевой потенциал. Это требование в Заявленном генераторе реализовано: затвор nМОП транзистора Q1 (14) (фиг. 5) соединен с общей шиной источника питания устройства. Обсудим механизм возникновения колебаний ультравысокой частоты. Включение источника питания устройства приводит к выполнению условия (1) в объеме полупроводникового материала с электропроводностью n-типа канала nМОП транзистора (Q1) (14) (фиг. 5) логического элемента 2ИЛИ-НЕ (2) (фиг. 4). Реализация условия (1) влечет за собой возникновение в объеме полупроводникового материала с электропроводностью n-типа nМОП транзистора (Q1) (14) (фиг. 5) механизма преобразования энергии источника питания в энергию переменных электрических колебаний. Сгенерированное ультравысокое электрическое колебание, достигнув выхода генератора, попадает на вход цепи положительной обратной связи, состоящей из входного сопротивления nМОП транзистора (Q4) (15) (фиг. 5) второго входа логического элемента 2ИЛИ-НЕ (2) (фиг. 4) и емкости конденсатора С3 (8). Цепь положительной обратной связи обеспечивает выполнение баланса фаз и баланса амплитуд в генераторе. В итоге в генераторе на КМОП транзисторах реализуется стационарный режим генерации ультравысоких гармонических колебаний с частотой, равной сотням МГц - единицам ГГц.

Генерация электромагнитных колебаний под действием сильного электрического поля в образце полупроводникового материала с электронной электропроводностью физически отражает механизм преобразования энергии источника питания в энергию переменных электрических колебаний в объеме полупроводникового материала с электропроводностью n-типа. Это явление генерации электромагнитных колебаний известно, как эффект Ганна.

«Эффект Ганна связан с тем, что в образце (полупроводникового материала с электропроводностью n-типа) периодически возникает, перемещается по нему со скоростью (v) близкой к дрейфовой скорости электронов вне домена и исчезает область сильного электрического поля, которую называют электрическим доменом. Домен возникает вследствие неустойчивости однородного распределения электрического поля при проявлении отрицательной дифференциальной проводимости» - Ефимов И.Е. Микроэлектроника. Физические и технологические основы, надежность. / И.Е. Ефимов, Ю.И. Горбунов, И.Я. Козырь. - М.: Высш. шк. 1977, стр. 34. «Обычно домен образуется в непосредственной близости от катода, так как вблизи от контактов концентрация неоднородностей больше» - Овечкин Ю.А. Полупроводниковые приборы. / Ю.А. Овечкин - М.: «Высш. шк.», 1982, стр. 73. В нашем случае «катодом» является исток nМОП транзистора Q1 (14) с индуцированным каналом (фиг. 5) логического элемента 2ИЛИ-НЕ (2) (фиг. 4).

Проведено моделирование полезной модели генератора на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических колебаний.

Таблица.

Влияние значений емкостей конденсаторов C1 (6), C2 (7), C3 (8) на частоту генерации.

№ эксперимента	C1 pF	C2 pF	C3 pF	Частота генерации (ГГц)
1	0.3	0.1	0.2	2.7569
2	0.2	0.1	0.2	3.1439
3	0.2	0.2	0.2	2.5600
4	0.1	0.2	0.2	3.2000
5	0.2	0.2	0.1	3.0897
6	0.3	0.2	0.2	2.1854
7	0.2	0.1	0.1	3.9822
8	0.1	0.1	0.1	5.1203
9	0.3	0.1	0.1	3.4462

За генерацию ультравысоких колебаний непосредственно несут ответственность три логических элемента: ЛЭ 2ИЛИ-НЕ (2), первый ЛЭ НЕ (3), второй ЛЭ НЕ (4), реализованные на КМОП транзисторах с индуцированными каналами, и три конденсатора: C1 (6), C2 (7), C3 (8) (фиг. 4). Параметры КМОП транзисторов: длина канала $l=0.18\mu$, ширина канала $w=0.22\mu$. Изменение частоты генерируемых колебаний достигается путем изменения значений емкостей конденсаторов C1 (6), C2 (7), C3 (8). Принято: C4 (5)=1pF. Для питания логических элементов 2ИЛИ-НЕ (2), НЕ (3), НЕ (4) заявленного генератора, реализованного согласно структурной схеме (фиг. 4), использован источник Digital Power (VCC) с напряжением 5V. Результаты эксперимента приведены в таблице. Выходной сигнал генератора на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических колебаний (эксп. 8) приведен на фиг. 6, фрагменты выходного сигнала генератора на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических колебаний (эксп. 8) приведены на фиг. 7, фиг. 8. Из фиг. 6 и фиг. 7 следует, что амплитуда колебаний составила 2.18 V. Амплитуда колебаний определяется, как $U_m=0.5 \cdot [2.4453 + |-1.9265|]$. Из фиг. 8 следует, что частота колебаний составила 5.1203 ГГц. Частота генерации определяется, как $f_{ген}=1/(t_2-t_1)$, где $t_2=85.9391\text{нс}$, $t_1=85.7438\text{нс}$. Конденсаторы C1 (6), C2 (7) несут ответственность за время прохождения сигнала от его зарождения в истоке nМОП транзистора Q1 (14) с индуцированным каналом (фиг. 5) логического элемента 2ИЛИ-НЕ (2) (фиг. 4) до выхода второго ЛЭ НЕ (4) фиг. 4. С уменьшением емкости указанных конденсаторов или одного из них заряд конденсаторов C1 (6), C2 (7) происходит за меньшее время, поэтому частота генерации возрастает (эксп. №3, №2); (эксп. № 3, № 5), одновременное уменьшение емкостей конденсаторов C1 (6), C2 (7) приводит к более резкому росту частоты генерации (эксп. № 3, № 7). Конденсатор C3 (8) влияет на время доставки напряжения обратной связи с выхода ЛЭ НЕ (4) на второй вход логического элемента 2ИЛИ-НЕ (2), поэтому уменьшение емкости конденсатора C3 (8) приводит к росту частоты генерации (эксп. №3, №4). Одновременное уменьшение

емкостей конденсаторов С1 (6), С2 (7), С3 (8) приводит к еще более резкому росту частоты генерации (эксп. № 3, № 8), (эксп. № 7, №8).

Генерация в заявленном генераторе на КМОП транзисторах ультравысоких гармонических сигналов по своей природе аналогична генерации высокочастотных колебаний в полупроводниковом материале с электронной проводимостью, «обнаруженной Ганном» (Ефимов И.Е. Микроэлектроника. Проектирование, виды микросхем, новые направления. / И.Е. Ефимов, Ю.И. Горбунов, И.Я. Козырь. - М.: Высш. шк. 1978, стр. 288).

Заявленный генератор не содержит классических, свойственных автогенератору, (т.е. генератору с самовозбуждением) частотно-избирательных систем.

Стационарный режим генерации ультравысоких гармонических колебаний реализован введением положительной обратной связи, образованной за счет конденсатора С3 (8) (фиг. 4) и входного сопротивления nМОП транзистора Q4 (15) (фиг. 5). Таким образом, заявленный генератор обеспечивает заключающееся в генерации ультравысоких гармонических колебаний расширение функциональных возможностей генератора амплитудно-манипулированных гармонических сигналов на КМОП транзисторах с индуцированными каналами.