

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU⁽¹¹⁾ 167 501⁽¹³⁾ U1

(51) МПК

H01L 29/786 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: [2016123609](#), 14.06.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.06.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.06.2016

(45) Опубликовано: [10.01.2017](#) Бюл. № 1

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2400865 C2, 27.09.2010. RU 2402106 C2, 20.10.2010. US 8026506 B2, 27.09.2011. US 8822988 B2, 02.09.2014. US 2015/0303311 A1, 22.10.2015. US 2010/0244017 A1, 30.09.2010.

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):

Рембеза Станислав Иванович (RU),
Рембеза Екатерина Станиславовна (RU),
Свистова Тамара Витальевна (RU),
Кошелева Наталья Николаевна (RU),
Плотникова Екатерина Юрьевна (RU),
Белюсов Сергей Алексеевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

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

(54) ТОНКОПЛЕНОЧНЫЙ ПРОЗРАЧНЫЙ ПОЛЕВОЙ ТРАНЗИСТОР

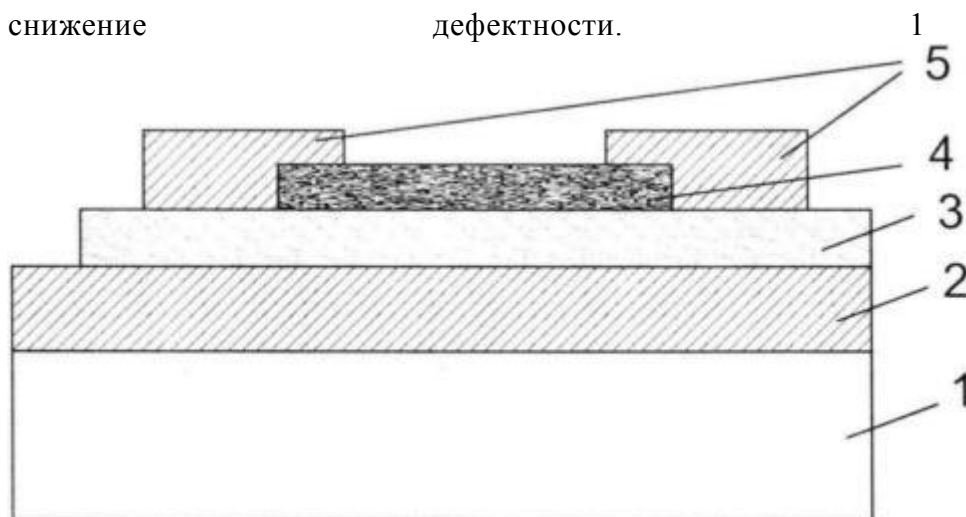
(57) Реферат:

Полезная модель относится к области микроэлектроники и к устройству тонкопленочных полевых транзисторов на основе металлооксидных полупроводников. Сущность полезной модели: тонкопленочный прозрачный полевой транзистор с нижним расположением затвора по отношению к каналу, в котором исток, сток, затвор и канал изготовлены из одного металлооксидного соединения (типа Zn_2SnO_4), проводящего электрический ток в аморфном и кристаллическом состоянии, что обеспечивает высокую степень согласования их границ раздела и

снижение

дефектности.

ил.



Полезная модель относится к области микроэлектроники, а именно к устройству тонкопленочных полевых транзисторов на основе металлооксидных полупроводников, и направлена на улучшение параметров прибора за счет повышения качества границ раздела между слоем истока, стока и канала транзистора и упрощение технологии его изготовления.

Известны конструкции прозрачных полевых транзисторов с металлооксидным истоком, стоком, каналом, диэлектриком и затвором, расположенными снизу под каналом (Norris B.J., Anderson J., Wager J.F., Keszler D.A., Spin-coated zinc oxide transparent transistors, J. Phys. D. Appl. Phys. 36, 2003, L105-L107), которые используются в прозрачной электронике (Chaing H.Q., Wager J.F., Hoffman R.L., Jeong J., Keszler D.A., High mobility transparent thin-film transistors with amorphous zinc tin oxide channel layer, Appl. Phys. Letters 86, 2005, 013503) в качестве драйверов органических светодиодов (OLED) прозрачных дисплеев (Görn P., Ghaffari F., Riedl T., Kowalsky W., Zinc tin oxide based driver for highly transparent active matrix OLED displays, Sol-St. Electron. 53, 2009, 329-331). Во всех указанных конструкциях полевых транзисторов в качестве прозрачных проводящих слоев истока, стока и затвора используются пленки прозрачных высокопроводящих металлоксидов, например, ITO ($\text{In}_2\text{O}_3+\text{SnO}_2$), в качестве диэлектрика атомно-слоевые пленки АТО ($\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2$), а в качестве высокоомного канала - оксидные пленки на основе ZnO. Использование разнородных материалов усложняет технологию изготовления транзистора, а качество границ раздела между разными металлооксидами из-за различия постоянных кристаллических решеток и несогласованности значений работ выхода электронов влияет на электрофизические параметры и вольт-амперные характеристики полевых транзисторов.

Известны конструкции полевых транзисторов с нижним расположением затвора, изготовленные разными методами из металлооксидных пленок различного состава (Патент USA, № US 2010/0065835 A1, 18.03.2010). В большинстве случаев используются металлооксидные пленки, содержащие оксиды индия или галлия, которые являются токсичными и дорогостоящими материалами.

Наиболее близким техническим решением к предлагаемой конструкции является полевой транзистор (Патент USA, № US 8, 026, 506 B2, 27.09.2011) на основе металлооксидных пленок, включающих оксид индия. Исток и сток изготовлены из ITO ($\text{In}_2\text{O}_3+\text{SnO}_2$), а канал изготавливается из пленки на основе In_2O_3 с примесью оксидов Ti или W с электросопротивлением около 10^5 Ом·см, которое регулируется содержанием кислорода при синтезе пленок. В качестве подложки использован термически окисленный низкоомный кремний, который является контактом затвора,

а слой SiO_2 используется как диэлектрик полевого транзистора. Данная конструкция обладает следующими недостатками:

1. Использование в качестве истока, стока, канала и затвора металлооксидных пленок различного элементного состава, имеющих различные работы выхода электронов и разные значения постоянных кристаллических решеток, может привести к росту дефектности границ раздела между оксидными пленками разных элементов конструкции транзистора.

2. Использование в качестве элементов конструкции транзистора оксидов дорогостоящих и токсичных материалов, таких как In в сложных комбинациях.

3. Сложность технологии изготовления транзистора с использованием нескольких мишеней различного состава и изготовлением металлооксидных слоев сложного элементного состава с заданными электрофизическими свойствами.

Полезная модель направлена на уменьшение дефектности и улучшение качества границ раздела между различными элементами конструкции полевого транзистора, использование в устройстве транзистора менее токсичных и недорогих металлооксидов, таких как SnO_2 , ZnO и TiO_2 , а также упрощение технологии изготовления полевого транзистора. Это достигается использованием многокомпонентной аморфной пленки, например, состава Zn_2SnO_4 , в качестве истока, стока и контакта затвора. Аморфная пленка типа Zn_2SnO_4 сразу после синтеза любым известным методом, например, радиочастотным магнетронным распылением мишени соответствующего состава, имеет концентрацию электронов порядка 10^{18} см^{-3} и подвижность носителей зарядов около $15 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$, а также гладкую аморфную поверхность (Tuncolu I.G., Aciksari C, Suvaci E., Ozel E., Rembeza S.I., Rembeza E.S., Plotnikova E. Yu., Kosheleva N.N., Svistova T.V. Synthesis of Zn_2SnO_4 powders via hydrothermal method for ceramic targets // Journal of the European Ceramic Society. 2015. Т. 35. №14. С. 3885-3892). Эта же пленка состава Zn_2SnO_4 после термообработки на воздухе при 450°C в течение 3 ч доокисляется и частично кристаллизуется, что приводит к снижению исходной концентрации электронов до 10^{16} см^{-3} , а подвижность изменяется до $20 \text{ см}^2 / (\text{В} \cdot \text{с})$. Эти параметры пленки Zn_2SnO_4 соответствуют требованиям, предъявляемым к материалу канала полевого транзистора. Таким образом, исток, сток и канал транзистора изготавливаются из металлооксидной пленки одинакового состава. Упрощение технологии изготовления транзистора достигается использованием в технологическом процессе распыления на переменном токе только двух мишеней: Zn_2SnO_4 для истока, стока, канала и затвора и, например, $\text{TiO}_2 + \text{SiO}_2$ для распыления пленки подзатворного диэлектрика.

Сущность полезной модели поясняется Фиг. На прозрачную изолированную подложку 1 (стекло, кварц, пластик и др.) нанесен любым известным методом слой аморфной пленки Zn_2SnO_4 (2), используемой в качестве электрода затвора. На поверхность пленки Zn_2SnO_4 наносится слой $\text{TiO}_2 + \text{SiO}_2$ (3) (3-5% ат. SiO_2) с заданной удельной емкостью, который является подзатворным диэлектриком. Сверху слоя диэлектрика (3) с помощью теневой маски или фотолитографии наносится канал транзистора (4) в виде пленки Zn_2SnO_4 , которая затем подвергается кратковременному локальному отжигу на воздухе с помощью светового или теплового воздействия, приводящего к доокислению и частичной кристаллизации пленки Zn_2SnO_4 , и к достижению необходимых значений электросопротивления. На готовые структуры канала транзистора с помощью теневых масок или фотолитографии наносится аморфная пленка Zn_2SnO_4 (5), которая используется в качестве истока и стока полевого транзистора. Таким образом, основные рабочие элементы полевого транзистора, а именно исток, сток и канал изготовлены из одного металлооксида сложного состава Zn_2SnO_4 , что обеспечивает высокую степень согласования границ раздела и снижение их дефектности. Прозрачный проводящий контакт затвора также изготавливается из аморфной пленки Zn_2SnO_4 .

Устройство работает как обычный тонкопленочный прозрачный полевой транзистор с улучшенными электрическими параметрами.

Предлагаемая полезная модель отличается простотой изготовления и низкой дефектностью границ раздела между элементами транзистора, изготовленными из одного многокомпонентного металлооксида типа Zn_2SnO_4 . Между полупроводниковыми слоями элементов конструкции исток, сток и канал транзистора отсутствуют рассогласования кристаллических решеток, а величины работ выхода электронов совпадают.