

5. Поклонский, Н. А. Ионизационное равновесие и прыжковая электропроводность в легированных полупроводниках / Н. А. Поклонский. – Минск : БГУ, 2004. – 195 с.

6. Lauwaert, J. Majority carrier capture rates for transition metal impurities in germanium / J. Lauwaert, P.

Clauws // Thin solid films, 2010. – Vol. 518, № 9. – P. 2330–2333.

7. Никитина, А.Г., Зуев, В.В.. Бистабильные амфотерные центры в полупроводнике // Физика и техника полупроводников, 2008, т. 42, вып. 2, – С. 141–146.

УДК 621.382.33

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ГЕТТЕРИРУЮЩЕГО СКРЫТОГО СЛОЯ Воробей Р.И.¹, Гусев О.К.¹, Тявловский К.Л.¹, Шадурская Л.И.¹, Пилипенко В.А.²

¹Белорусский национальный технический университет

²ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»

Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Рассмотрен способ формирования геттерирующего слоя в составе транзисторной структуры интегральной схемы. Для введения вольфрама в качестве геттерирующей примеси предлагается использовать метод газоразрядного легирования в режиме тлеющего разряда или интенсификацию процесса методом лазерного распыления материала мишени.

Ключевые слова: биполярный транзистор, эпитаксия, скрытый слой, геттерирование, легирование.

METHOD OF FORMATION OF THE GETTERING LATENT LAYER

Vorobey R.¹, Gusev O.¹, Tyavlovsky K.¹, Shadurskaya L.¹, Pilipenko V.²

¹Belarusian National Technical University

²JSC "INTEGRAL" – Holding Management Company

Minsk, Belarus

Abstract. The method of formation of a gettering layer as a part of transistor structure of the integrated circuit is considered. For introduction of tungsten as a gettering impurity it is offered to use a method of gas-discharge alloying in a mode of decaying discharge or an intensification of process by a method of a laser pulverization of a material of a target.

Key words: bipolar transistor, the epitaxy, the latent layer, gettering, alloying.

Адрес для переписки: Гусев О.К., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: ktyavlovsky@bntu.by

Наряду с интегральными схемами, созданными по передовым технологиям с технологическими нормами менее 10 нм, востребованы и электронная промышленностью производятся и приборы с использованием «традиционной» технологии (<https://integral.by/ru/products/>) с проектными нормами до 10 мкм. Для изготовления интегральных схем малой и средней степени интеграции хорошо освоенным и наиболее употребительным является планарно-эпитаксиальный процесс [1, 2].

Основным схемным элементом биполярных ИС является биполярный n - p - n транзистор. Упрощенная классическая планарная структура биполярного n^+ - p - n транзистора интегральной схемы со скрытым подколлекторным слоем приведена на рис. 1.

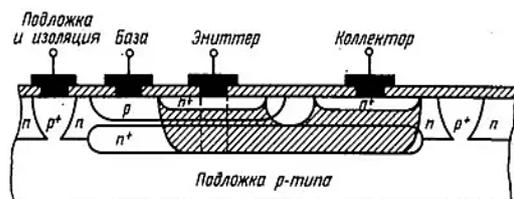


Рисунок 1 – Структура биполярного транзистора

Так как вывод коллектора интегрального транзистора расположен на поверхности прибора (рис. 1), то это приводит к увеличению сопротивления тела коллектора и, как следствие, к ухудшению частотных и переключательных характеристик транзистора [1]. Увеличение степени легирования всего объема коллекторной области снижает ее удельное сопротивление, но одновременно приводит к уменьшению напряжения пробоя перехода коллектор – база и увеличению емкости этого перехода. Компромиссным решением проблемы является создание скрытого высоколегированного n^+ -слоя на границе коллектора и подложки [1, 2]. Этот слой обеспечивает низкоомный путь току (заштриховано на рис. 1) от активной коллекторной зоны к коллекторному контакту без снижения пробивного напряжения перехода коллектор – база. Происходит уменьшение сопротивления тела коллектора в несколько, до десяти, раз. Скрытый слой также уменьшает коэффициент передачи дырок в подложку, так как инжектированные слоем базы дырки рекомбинируют с электронами n^+ скрытого слоя и ток замыкается по цепи база-коллектор.

Вследствие того, что скрытый слой формируется на подложке перед нанесением эпитаксиального n -слоя, то n^+ скрытый слой выполняет

также функции геттера для дефектов эпитаксиального слоя, в котором формируются активные области транзистора. Таким образом, параметры скрытого слоя оказывают существенное влияние на параметры готовых транзисторных структур.

Для формирования эпитаксиальных слоев используются различные технологии [2, 3]. Одним из перспективных технологических процессов является применение способа локальной эпитаксии. В этом случае эпитаксиальные слои формируются только на заданной части поверхности пластины.

Введение в состав эпитаксиального n -Si слоя примеси вольфрама на начальной стадии выращивания эпитаксиального слоя придает ему геттерирующие свойства. В процессе геттерирования происходит связывание подвижных, нежелательных примесей и дефектов в нейтральные ассоциации. При этом время жизни неравновесных носителей заряда в слое увеличивается до 5 раз [4, 5]. Однако традиционно используемый при эпитаксии кремния газофазный метод легирования не позволяет вводить тугоплавкие элементы в состав растущего эпитаксиального слоя.

Для улучшения свойств эпитаксиального слоя со скрытым n^+ карманом предлагается наращивать эпитаксиальный слой n -Si, легированный в начале процедуры эпитаксиального наращивания W (рис. 2), используя метод газоразрядного легирования в режиме тлеющего разряда [3–5]. Аналогично для геттерирования может быть использован и лазерный метод, когда материал мишени с примесью испаряется лазерным лучом. Концентрацию примеси в эпитаксиальном слое можно изменять, регулируя параметры тлеющего газового разряда или интенсивность лазерного излучения.

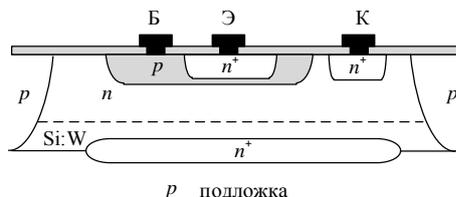


Рисунок 2 – Структура биполярного транзистора с геттерирующим слоем

Толщина слоя, легированного W , выбирается сравнимой с толщиной переходного слоя подложка – эпитаксиальный слой, и определяется временем интенсификации процесса [5] при подаче высокого напряжения на W -мишень (газоразрядное легирование в тлеющем разряде) или лазерного облучения мишени на начальной стадии выращивания эпитаксиального слоя. После этого эпитаксиальный слой доращивается традиционным методом.

Геттерирующее действие дополнительного $Si:W$ слоя совместно со скрытым слоем на гра-

нице раздела подложка-эпитаксиальный слой значительно увеличивается. А так как легирование промежуточного слоя вольфрамом (или другим тугоплавким металлом) проводится во время эпитаксиального наращивания, то длительность технологического цикла и его трудоемкость не увеличиваются.

Также технология контролируемого введения примеси тугоплавких металлов, металлов платиновой группы, редкоземельных металлов, формирующих глубокие примесные центры в эпитаксиальных слоях позволяет производить приборные структуры фотоэлектрических преобразователей [5, 6]. Такие преобразователи [6] могут использоваться в измерительных преобразователях систем оптической диагностики с расширенными функциональными возможностями и увеличенными диапазонами преобразовательных характеристик.

Кроме того такой способ формирования легированных эпитаксиальных слоев может применяться в технологии изготовления приборных структур с гетеропереходами, в некремниевых технологиях, или при изготовлении структур полупроводник, в том числе разнородные материалы, на изоляторе, например, совмещенные в различных комбинациях кремний, германий, A_3B_5 на сапфире.

Во всех случаях применения эта технология позволяет формировать эпитаксиальные слои с неограниченным перечнем легирующих примесей в широком диапазоне концентраций. Отметим также, что контроль концентрации примеси достигается удобными методами: изменением напряжения и тока газового разряда, интенсивностью лазерного излучения (изменением скважности лазерных импульсов).

Литература

1. Ткаченко, Ф. А. Электронные приборы и устройства / Ф. А. Ткаченко. – М. : Инфра-М, 2018. – 156 с.
2. Емельянов, В. А. Эпитаксиальные слои кремния и германия для интегральных микросхем / В. А. Емельянов, А. С. Турцевич, О. Ю. Наливайко. – Минск : Интегралполиграф, 2008. – 288 с.
3. Интенсификация процессов формирования твердотельных структур концентрированными потоками энергии / под общ. ред. А. П. Достанко и Н. К. Толочко. – Минск : Бестпринт, 2005. – 682 с.
4. Методы и механизмы геттерирования кремниевых структур в производстве интегральных микросхем / В. А. Пилипенко [и др.] // Технология и конструирование в производстве интегральных схем. – 2013. – № 2–3. – С. 43–57.
5. Геттерирование эпитаксиальных структур редкоземельными элементами. / Р.И. Воробей [и др.] // Приборостроение–2017 : материалы 10 международной науч.-техн. конф. – Мн. : БНТУ, 2017. – С. 73–74.
6. Series of Photovoltaic Converters Based on Semiconductors with Intrinsic Photoconductivity / R.I. Vorobey [et al.] // Devices and Method of Measurements. – 2021. – № 2. – P. 108–116.