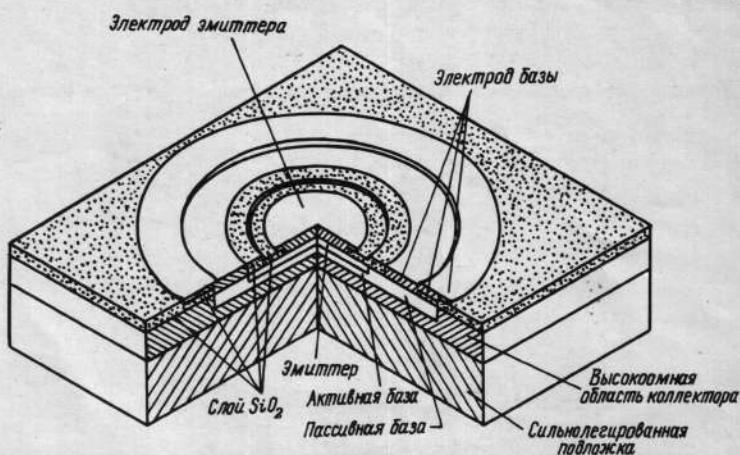


Кремниевый эпитаксиально-планарный транзистор КТ-315 в пластмассовом корпусе

ПРЕДНАЗНАЧЕН ДЛЯ БЫТОВОЙ И ПРОМЫШЛЕННОЙ
РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

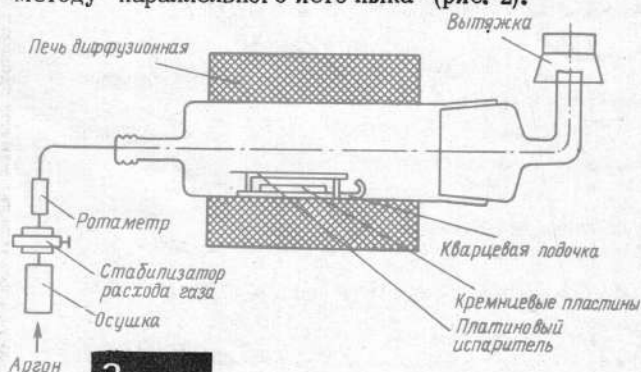
Пробивное напряжение коллектор-база (при $I_{CES} \leq 30 \text{ мкА}$, $V_{CBмакс}$, $^\circ$	60
Пробивное напряжение коллектор-эмиттер (при $I_{CER} \leq 30 \text{ мкА}$, $R_{EB} = 10 \text{ кОм}$, $V_{(BR)CER}$, $^\circ$	50
Напряжение коллектора, при котором наступает переворот фазы базового тока (при $I_E = 5 \text{ мА}$), U_a , $^\circ$	40
Обратный ток коллектора (при $U_C = 10 \text{ В}$) I_{CBO} , мкА	0,001
Коэффициент прямой передачи тока (при $U_C = 10 \text{ В}$, $I_E = 10 \text{ мА}$), h_{21E}	125
Емкость коллектора (при $U_C = 10 \text{ В}$) C_C , пФ	4,5
Модуль коэффициента прямой передачи тока на частоте $f = 100 \text{ МГц}$ (при $U_C = 10 \text{ В}$, $I_E = 5 \text{ мА}$), $ h_{21E} $	4
Напряжение коллектор-эмиттер в режиме насыщения (при $I_C = 100 \text{ мА}$; $I_B = 10 \text{ мА}$) U_{CEsat} , $^\circ$	0,2
Напряжение база-эмиттер в режиме насыщения (при $I_C = 100 \text{ мА}$, $I_B = 10 \text{ мА}$), U_{BEsat} , $^\circ$	0,87
Ток коллектора I_C постоянный, мА	80
импульсный, мА	300
Мощность, рассеиваемая на коллекторе, P_C , мВт	250



Муфта
"Электроны промышленности"
№8. 1972 год

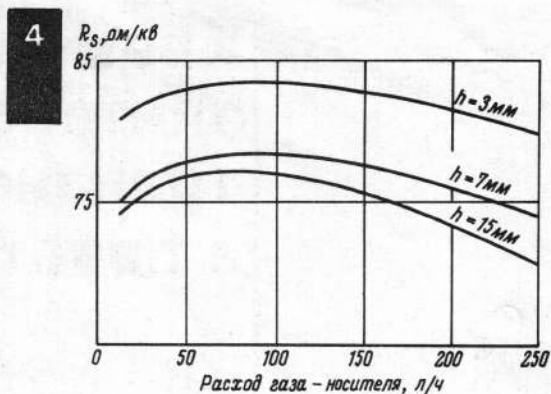
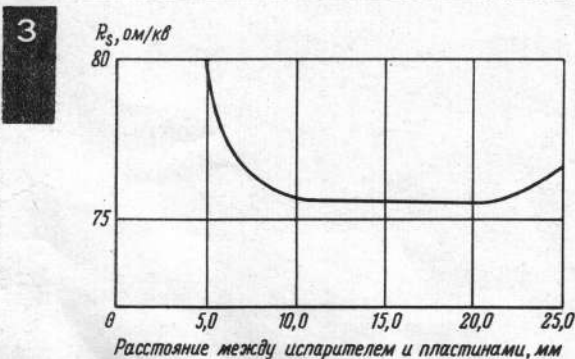
Транзистор КТ-315, структура которого показана на рис. 1, имеет расширенный базовый контакт для обеспечения стабильности коллекторного перехода и не требует строгой ориентации кристалла в процессе сборки благодаря симметричному расположению контактных площадок, что в свою очередь упрощает операцию присоединения выводов. Транзистор изготавливается на кристалле размером $0,5 \times 0,5$ мм, что позволяет на одной пластине кремния расположить около 5000 структур. При производстве п-р-п транзистора КТ-315 используется планарно-эпитаксиальный технологический процесс. Удельное сопротивление эпитаксиального слоя составляет около 2 ом·см.

ДИФФУЗИЯ БОРА. Для создания базовой области транзистора проводилась диффузия бора по методу "параллельного источника" (рис. 2).



Концентрация B_2O_3 на поверхности боросиликатного стекла определяется как механизм диффузии в связи с наличием диффузионного потока, направленного перпендикулярно к поверхности пластин, так и механизмом, определяемым потоком газа (аргона), который направлен перпендикулярно первому.

Поверхностная концентрация бора на кремниевых пластинах зависит от температуры диффузии, расстояния между испарителем и пластинами и от скорости потока аргона в области расположения пластин. Экспериментальные кривые представлены на рис. 3 и 4. На рис. 3 дана зависимость R_s от расстояния между испарителем и пластинами, а на рис. 4 — от количества расходуемого газа-носителя.



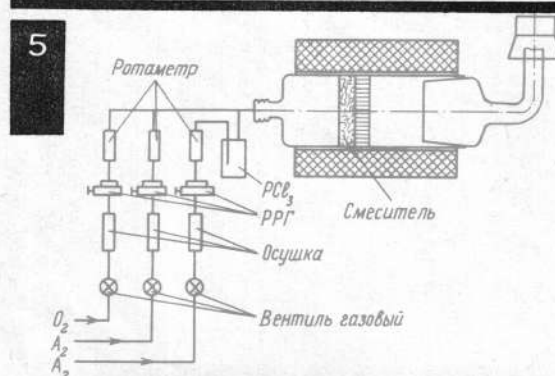
Полученные результаты можно объяснить не только влиянием диффузионного потока (который должен приводить к возрастанию R_s с увеличением расстояния), но также существенной зависимостью поверхностного сопротивления от скорости потока газа в области расположения пластин. Скорость потока, в свою очередь, зависит от расстояния между испарителем и кремниевыми пластинами так, что при уменьшении расстояния она уменьшается. Кроме того, можно ожидать изменения характера потока: в узкой щели он будет ламинарным, а в широкой — турбулентным.

С целью уменьшения разброса величины R_s перед второй стадией диффузии боросиликатное стекло удалялось в специальном травителе.

Проведение диффузии бора при параллельном расположении источника и пластин перед отжигом позволили достигнуть высокой воспроизводимости параметров базовых слоев транзистора КТ-315.

ДИФФУЗИЯ ФОСФОРА. Для получения эмиттерной области проводили диффузию фосфора из PCl_3 , так как применение жидких диффузанта позволяет задавать концентрацию паров диффузанта с хорошей воспроизводимостью. Преимущество диффузии фосфора из жидких источников (PCl_3 , $POCl_3$) по сравнению с P_2O_5 достаточно хорошо известны [1, 2].

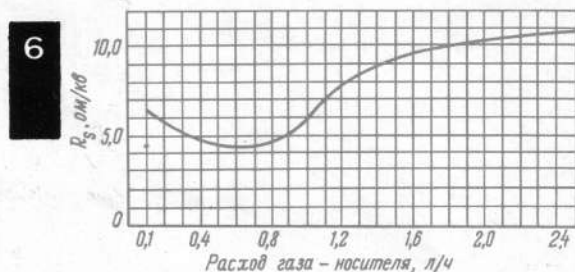
Диффузия фосфора при создании транзистора КТ-315 проводилась в непрерывном технологическом процессе. Схема системы показана на рис. 5.



Экспериментальные исследования диффузии фосфора из PCl_5 имели своей целью выяснить влияние технологических факторов на величину поверхностного сопротивления, толщину образующегося на поверхности кремния стекла и воспроизводимость процессов.

Нижеприведенные результаты можно объяснить на основе модели процесса диффузии, предложенной в работе [3].

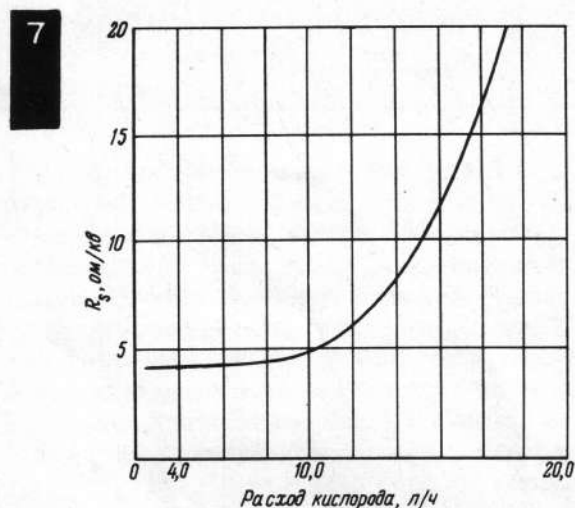
На рис. 6 показана зависимость R_S от расхода газа-носителя (аргона), проходящего через PCl_5 . Уменьшение величины поверхностного сопротивления при увеличении расхода газа от 0,1 до 0,4 л/ч можно объяснить увеличением вязкости фосфорно-силикатного стекла. Величина области плато на характеристике зависит от предельной растворимости фосфора в кремнии при заданной температуре.



По мере увеличения расхода газа-носителя R_S вначале монотонно, а затем резко возрастает. Резкое увеличение R_S при расходе газа 2,5 л/ч связано с эрозией поверхности за счет испарения высоколегированного слоя.

Рис. 7 иллюстрирует зависимость поверхностного сопротивления от расхода кислорода, необходимого для образования пленки, препятствующей эрозии и окислению элементарного фосфора согласно реакции $4\text{P} + 5\text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{P}_2\text{O}_5$.

P_2O_5 адсорбируется окисной пленкой с образованием фосфорносиликатного стекла.



Постоянство величины R_S при расходах кислорода от 3,8 до 8 л/ч объясняется тем, что несмотря на уменьшение вязкости стекла, обеспечивается подход к поверхности кремния такого количества фосфора, которое соответствует его предельной растворимости.

При дальнейшем увеличении расхода кислорода R_S увеличивается, что вызвано образованием более толстой маскирующей пленки SiO_2 .

Для регулирования толщины пленки фосфорно-силикатного стекла и поверхностного сопротивления использовался второй поток аргона.

Характер изменения толщины стекла и R_S с ростом величины потока аргона очевиден и связан с уменьшением концентрации диффузанта в области расположения пластин.

Разработанный технологический процесс диффузии фосфора отличается оригинальностью и обеспечивает высокую воспроизводимость параметров диффузионных слоев: разброс R_S от партии к партии не превышает $\pm 3,5\%$.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СБОРКИ. Процесс сборки транзистора в пластмассовом корпусе основан на использовании непрерывной многослойной ленты с полосчатым золочением, которая служит не только транспортирующим элементом, но и одновременно основой конструкции прибора.

Суть технологического процесса и основные этапы отображены на рис. 8.

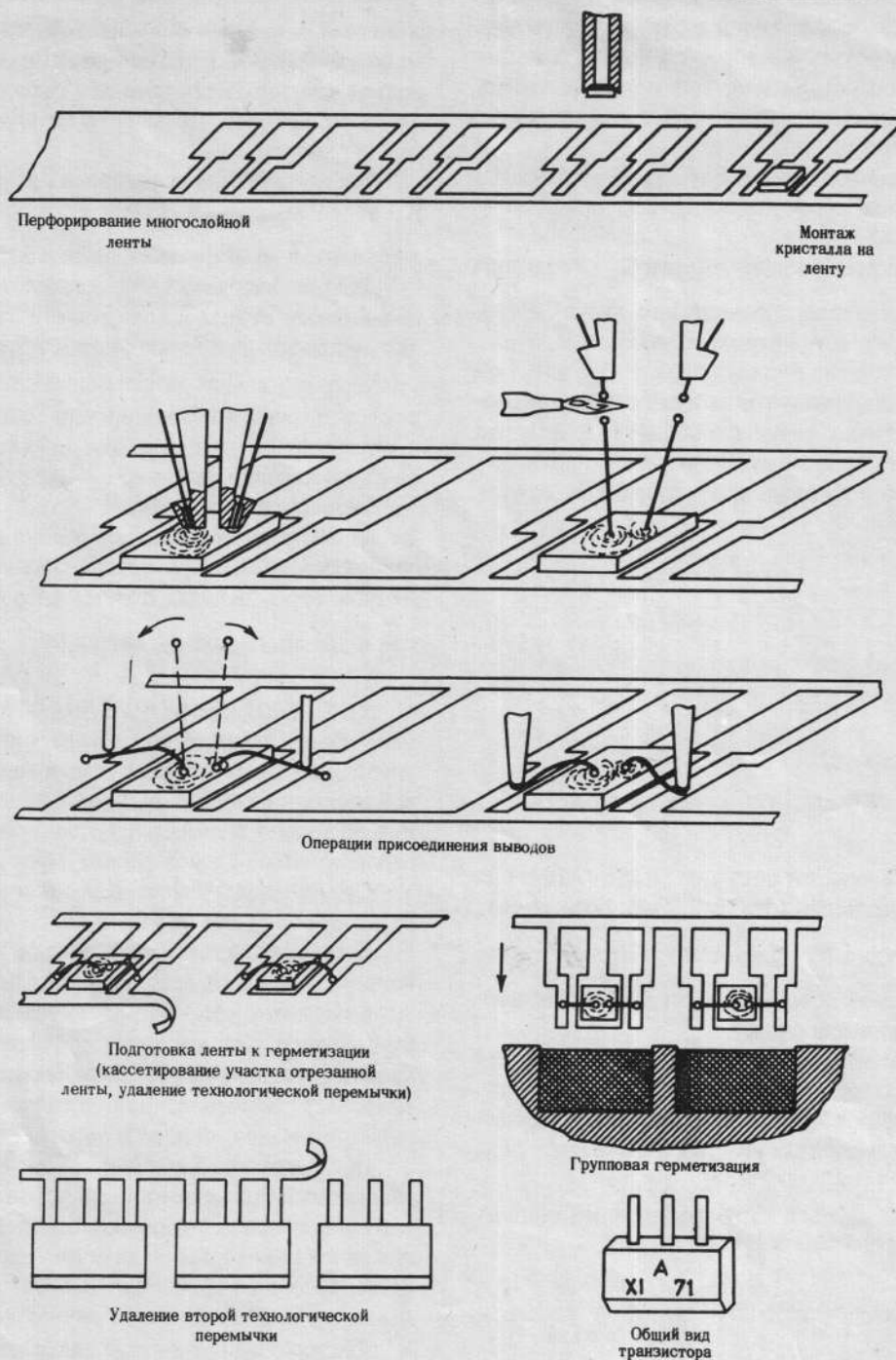
В качестве транспортирующего и накопительного устройства применяется магнитный барабан.

Комплект высокопроизводительного автоматизированного оборудования (из 10 наименований), предназначенный для выполнения операций сборки, контроля, герметизации, классификации, маркировки, упаковки, описан в работе [4].

При разработке технологического процесса сборки особое внимание было уделено операциям получения микросоединений, быстрота и качество выполнения которых во многом определяют надежность прибора и производительность всего комплекта, входящего в состав единой линии.

Для присоединения кристалла кремния к металлической ленте использовался метод ультразвуковой пайки с образованием эвтектического сплава золото-кремний. Применение инструмента с центрирующим отверстием пирамидальной формы позволило улучшить качество, резко снизить время пайки (до 0,5–0,7 сек) и обеспечить стабильность параметров.

Производительность на операции присоединения выводов составляет около 1500 сварок в час, что более чем в 5 раз выше, чем на ранее созданном оборудовании. При этом обеспечивается высокая надежность процесса и прочность сварочных соединений не ниже 7–10 гр. для проволоки диаметром порядка 30 мкм.



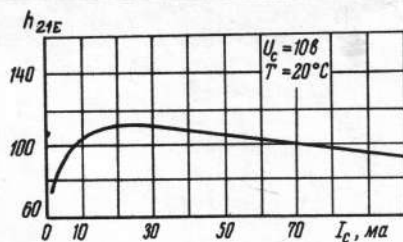
Такие требования к прочности сварочных соединений обуславливаются воздействием на них остаточных напряжений в пластмассе из-за усадки при полимеризации и разности КТР при тепловых воздействиях.

В процессе сборки транзисторов применяется групповой метод присоединения проволочных выводов к кристаллу, используется надежный метод микросварки специальным инструментом капиллярного типа; операции разделяются на отдельные переходы, но совмещены по времени; одновременно к кристаллу присоединяются два вывода.

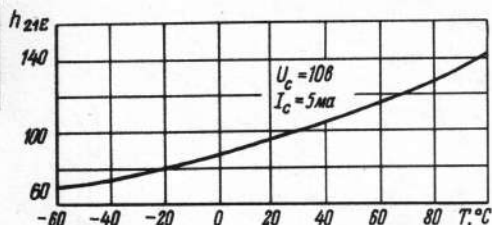
Для присоединения проволочных выводов к кристаллу использован наиболее надежный, легко контролируемый и управляемый метод микросварки в твердой фазе—термокомпрессия оплавленным шариком с введением колебаний в зону сварки.

Присоединение проволочных выводов к наружным ленточным выводам осуществляется методом контактной сварки переменным током с частотой 50 Гц с автоматическим поддержанием мощности сварочного импульса и его плавным нарастанием и спадом.

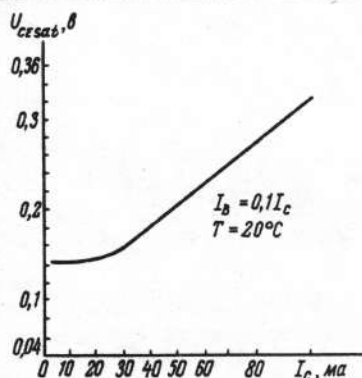
9



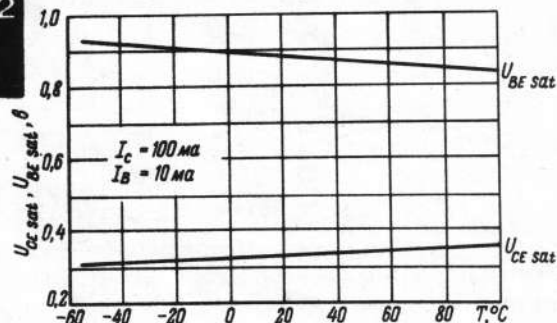
10



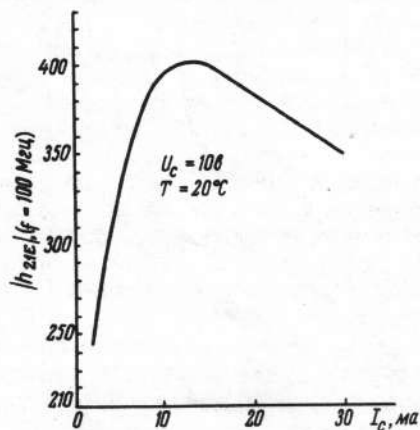
11



12



13



Разработанный технологический процесс сборки транзистора КТ-315 является универсальным и используется в качестве базового при производстве широкой номенклатуры полупроводниковых приборов, герметизированных полимерными материалами, в частности импульсных диодов КД513А; КД503А, Б; КД511А; диодных матриц, транзисторов КТ-361, КТ-103 и др.

Транзистор КТ-315 можно успешно применять в различных электронных схемах.

На рис. 9-13 приведены зависимости параметров транзистора от электрических режимов и температуры окружающей среды.

Приборы обладают значительной величиной импульсного тока, относительно малым временем рассасывания, высоким значением модуля коэффициента прямой передачи тока, низкой величиной напряжения коллектор-эмиттер в режиме насыщения.

В то же время они с успехом могут быть использованы в линейных усилительных схемах в диапазоне частот от нуля до нескольких десятков мегагерц.

Такое сочетание параметров обеспечило применение транзистора КТ-315 в широкой номенклатуре радиоэлектронных устройств культурно-бытового назначения и вычислительной техники. Так, например, КТ-315 используется в радиовещательных приемниках более 15 наименований и телевизионных (цветных и черно-белых) приемниках более 20 наименований и нескольких типах ЭВМ.

По надежности транзисторы КТ-315 не уступают аналогичным приборам в металlostеклянном корпусе [5].

Применение кремниевых транзисторов типа КТ-315 в радиоэлектронной аппаратуре позволяет создавать термостабильные схемы, улучшать качественные параметры аппаратуры, обеспечить ее высокую надежность и значительно снизить себестоимость.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сопов О.В., Невежин В.К., Трутко А.Ф. и др. Разработка бескорпусных быстродействующих кремниевых эпитаксиально-планарных транзисторов 2Т318. "Электронная техника", сер. II, 1970, вып. 2.
2. Heynes M.S.R., Wilkerson J.T. Phosphorus Diffusion in Silicon Using POCl_3 , "Electrochemical Technology", 1965, v. 5, N 9-10.
3. Диковский В.И., Моин И.И., Щелчков Б.И. Диффузия бора и фосфора в кремний из их окислов в потоке газа-носителя. "Электронная техника", сер. II, 1966, вып. 2.
4. Федоренко Ю.С., Иванов В.В. Производство полупроводниковых приборов методом непрерывной ленты с герметизацией пластмассой. "Обмен опытом в электронной промышленности", 1969, № 3.
5. Гольдшер А.И., Моин И.И., Федоренко Ю.С. Приборы в пластмассовом корпусе. Обзоры по электронной технике. М., Ин-т "Электроника", 1970.

А.И.Гольдшер, Ю.С.Федоренко, Г.Д.Колмогоров, И.М.Глазков, Г.П.Кузьмичев, И.И.Моин, В.И.Диковский, В.А.Зякович, Е.Е.Онегин, П.И.Швед, Э.И.Снедовский

УДК 621.382.333