

- контроля временных параметров импульсов напряжения;
- амплитудных параметров импульсов напряжения;
- формирования команд управления в виде импульсов напряжения;
- формирования команд управления не запитанным контактом;
- формирования автономных команд управления при непосредственном доступе оператора к включению и отключению объекта контроля;
- имитации датчиков;
- имитации сопротивлений;
- измерения сопротивлений;
- измерения падений напряжений;
- контроля токов.

Рассмотрены методы реализации гальванической развязки при помощи:

- оптронов;
- трансформаторов.

Рассмотрены положительные и отрицательные стороны волоконно-оптического датчика.

Список использованных источников

1. Зеленский В.А., Гречишников В.М. Бинарные волоконно-оптические преобразователи в системах управления и контроля. – Самара : Самарский научный центр РАН, 2006 – 120 с., ил.

УДК 537.5; 537.525.99

## **МНОГОЛУЧЕВОЙ ГЕНЕРАТОР ПЛАЗМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЛАВНЫХ КОНТАКТОВ ПОЛУРОВОДНИКОВЫХ ДИОДОВ**

В.А. Колпаков, С.В. Кричевский, М.А. Маркушин, Е.С. Кашапова,  
Ю.С. Струкель

г. Самара, «Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва»

Направленные потоки низкотемпературной плазмы широко используются при производстве полупроводниковых приборов различного типа, например полупроводниковых диодов [1- 4]. Применение генератора газоразрядной плазмы, способного формировать несколько ионно-электронных потоков с заданной формой сечения, позволяет повысить производительность процесса плазменного нагрева поверхности изделий, осуществляя одновременную обработку нескольких изделий.

Схема конструкции устройства генератора представлена на рис. 1. Она содержит высоковольтный электрод 1, через который на полый катод 2 подается электропитание; полый катод с прикрепленным к нему основанием 3; полый анод 4; между катодом и анодом проложена изоляция 5, закрытая диэлектрической крышкой

б; анод 4 закрыт крышками 7 и 8. В области поверхностей анода 4, катода 2, изоляции 5, основания 3, диэлектрической крышки 6 и крышки 7 выполнены соосные отверстия 1, 2 и 4 (рис. 2а,б). В качестве материалов электродов, диэлектрических деталей, и резиновой прокладки использованы соответственно: алюминий А95, фторопласт Ф4, вакуумная резина ИРП-1015. В крышке 13 (рис. 1) выполнены цилиндрическая полость 4 и отверстия 9, 10 требуемой формы.

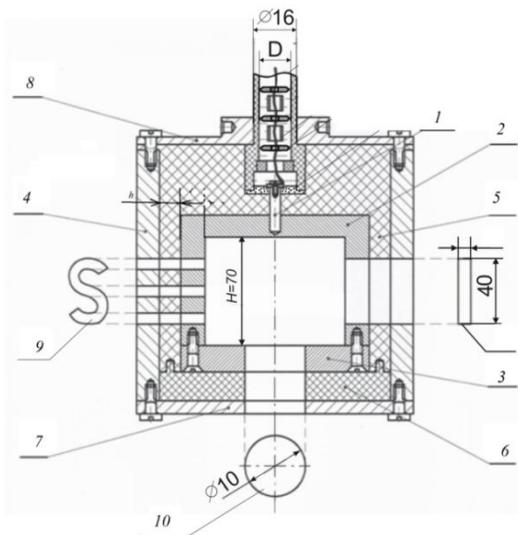


Рисунок 1 – Схема конструкции многолучевого генератора

Нагрев конструкции кассеты с элементами полупроводникового диода осуществляется потоками заряженных частиц плазмы, количество которых определяется количеством отверстий 9,10.

Поток газоразрядной плазмы формируемый за пределами электродов устройства составляет сотни и тысячи миллиампер при напряжениях 0.3–1 кВ.

Главным условием возникновения данного газового разряда является выполнение трех неравенств:  $H \geq 3 \lambda_e$ ,  $\lambda_e < h < 3 \lambda_e$ ,  $G\gamma > 1$  [1], где  $H$  – минимальный размер полости катода на пути движения иона;  $G$  – количество ионов;  $\gamma$  – количество электронов, ионизируемых одним ионом. При  $H \leq 3 \lambda_e$  устраняются условия возникновения в полости катода свободных электронов и ионов. Уменьшение зазора между катодом и анодом менее  $\lambda_e$  приводит к увеличению вероятности их замыкания за счет формирования на поверхности диэлектрика проводящей пленки, возникающей в процессе его нагрева. Устранение этого явления приводит к значительному усложнению конструкции изоляции анода. С другой стороны, малые зазоры между анодом и катодом способствуют возникновению дугового разряда между ними, в результате которого газоразрядное устройство необратимо выходит из строя. Увеличение зазора между анодом и катодом более  $3 \lambda_e$  приводит к возникновению в

этом промежутке паразитных разрядов, являющихся аномальными разновидностями тлеющего разряда, и интенсивному выгоранию рабочих поверхностей анода и катода. Это необратимо выводит газоразрядное устройство из дальнейшей эксплуатации.

Рассматриваемый генератор низкотемпературной плазмы применялся для нагрева кассеты с структурой элементов полупроводникового диода для их сплавления. Конструкция кассеты представлена на рис.2.

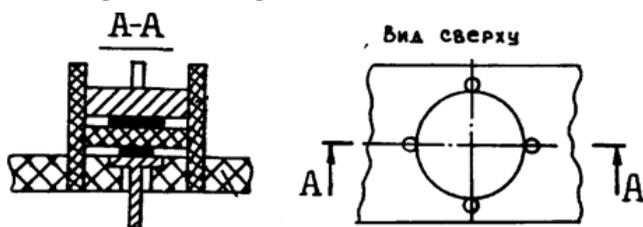


Рисунок 2 – Схема конструкций кассеты для сплавления элементов полупроводникового диода

В качестве исходных образцов использовались пластины кремния марки КЭФ32 Ø 50 мм. и толщиной 300 мкм, содержащие  $p-n$  переход, выполненный по диффузионной технологии. На поверхность пластин Si методом химического осаждения наносили слой никеля толщиной 0,4-0,6 мкм. Для образования омического контакта полученную структуру отжигали плазмой при температуре  $710^{\circ}C \pm 10^{\circ}C$  в течении 30 мин. Проверка образцов осуществлялась по величине прямого падения напряжения  $p-n$  перехода, которая при токе  $J_0 = 3A$  не должна выходить за пределы  $U \leq 0,44-0,55 V$ .

Кассеты заполнялись элементами полупроводникового диода и помещались в рабочую камеру газоразрядного устройства. Выбор оптимальных параметров газоразрядной плазмы в процессе сплавления осуществлялся при условии получения высокого процента выхода годных по электрическим характеристикам приборов и прочного сплошного шва. Наибольший процент выхода приборов с высокими параметрами получается при токе луча 40 мА, ускоряющем напряжении 2,5 кВ и длительности облучения 20 секунд. В этом случае температура в структуре элементов полупроводникового диода достигала 673-773 К. При такой температуре свинцовые прокладки, покрытие припоем ПОС61, расплавлялись и практически мгновенно покрывали поверхность образца, что исключало возможность доступа окружающей среды к его поверхности при высоких значениях температуры.

Таким образом, предлагаемый многолучевой генератор позволяет реализовать технологический процесс имеющий существенные преимущества по сравнению с выполнением этой операции в водородных печах резистивного нагрева.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента Российской Федерации для поддержки молодых российских ученых - докторов наук (№ МД-5205.2016.9) и Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-07-00494 А).