

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

**Шангереева Бийке Алиевна**

канд. техн. наук, доцент

**Шахмаева Айшат Расуловна**

канд. техн. наук, доцент

**Шангереев Юсуп Пахрутдинович**

студент

**Муртазалиев Азамат Ибрагимович**

студент

ФГБОУ ВПО «Дагестанский государственный

технический университет»

г. Махачкала, Республика Дагестан

### СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ АКТИВНОЙ $P^+$ – ОБЛАСТИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

**Аннотация:** в данной статье изложены результаты проведения процесса диффузии бора с применением газообразного источника – треххлористого бора ( $BCL_3$ ), при следующем расходе газов: кислород  $O_2 = 12$  л/ч, азот  $N_2 = 380$  л/ч,  $N_2 + H_2 = 380$  л/ч,  $BCL_3 = 2$  л/ч (1000 ppm). Температура процесса  $9000^\circ C$ , длительность процесса  $15 \pm 5$  минут.

**Ключевые слова:** диффузия бора, кремниевая пластина, процесс, источник, диффузаны, солнечные элементы, температура, длительность процесса.

В последнее время в отечественной промышленности огромное внимание уделено развитию солнечной энергетики. Перспективным в направлении решения проблемы изготовления дешевых и эффективных преобразователей солнечной энергии является разработка технологии тонкопленочных солнечных элементов на основе монокристаллического и поликристаллического кремния.

Данная статья посвящена разработке технологии формирования активной  $p^+$  области, в частности к способам получения боросиликатных стекол для формирования базовой области в производстве полупроводниковой солнечной энергетике.

Современные технологии позволяют получать кристаллы на полупроводниковых пластинах больших размеров диаметром от 100 до 500 мм. Это позволяет увеличить коэффициент заполнения площади фотомодуля и снижает стоимость монтажа солнечной батареи. Более того, переходы, используемые в солнечных элементах для формирования активных областей, являются мелкими.

Традиционно мелкие переходы получали ионным легированием, которое характеризуется высокой однородностью и воспроизводимостью примесной дозы, а также чистотой процесса. Однако с переходом на пластины большого диаметра реализация мелких  $p$ - $n$  переходов возможна лишь при использовании диффузионных методов легирования [1]. Наибольшего распространения в микроэлектронике при производстве полупроводниковых приборов и микросхем получил метод диффузии в потоке газа-носителя (метод открытой трубы). Но данный способ при использовании пластин большого диаметра позволяет получать результаты, удовлетворяющие требованиям современной полупроводниковой технологии, только при значительном усложнении аппаратуры. Кроме того, при диффузии в потоке газа-носителя однородность по глубине залегания достигается путем проведения двухстадийного процесса, что невозможно при формировании мелких переходов.

Диффузия примеси из примесных, предварительно сформированных на поверхности кремниевой пластины при низкой температуре покрытий позволяет избежать возникновения многих недостатков, присущих методу диффузии в потоке газа-носителя.

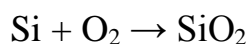
Существуют различные виды диффузантов. К ним относятся: жидкие, газообразные, твердые, твердые планарные источники и поверхностные источники.

Газовая система применяется к различным источникам: газообразным, жидким, твердым и твердым планарным. К поверхностным источникам относятся

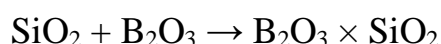
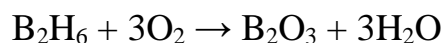
источники на основе простых неорганических соединений, стеклообразные диффузаны, а также легированные окислы. Эти источники наносятся на полупроводниковую кремниевую пластину различными методами до проведения процесса диффузии. Важной особенностью применения поверхностных источников является возможность проведения процесса диффузии в атмосфере воздуха, что может существенно удешевить технологию производства кремниевых солнечных элементов (СЭ).

Диффузия примесей в кремний может также осуществляться из газообразных источников – гидридов фосфора, бора и мышьяка – фосфина  $\text{PH}_3$ , диборана  $\text{B}_2\text{H}_6$  и арсина  $\text{AsH}_3$ , а также из  $\text{BCl}_3$ .

При проведении процесса диффузии из газообразных источников бора треххлористый бор или диборан вводят в зону диффузии в смеси с транспортирующим газом – водородом, в который добавляют небольшое количество кислорода с целью формирования на поверхности пластин боросиликатного стекла:



или



Трихлорид бора  $\text{BCl}_3$ , как и трибромид бора, может вызвать травление поверхности кремния. На практике значительно сложнее получить равномерное легирование пластин по длине лодочки с применением  $\text{BCl}_3$ , чем  $\text{BBr}_3$ . Это обусловлено тем, что в аналогичных условиях реакция окисления  $\text{BCl}_3$  длительная (~100 с), а  $\text{BBr}_3$  – короткая (~3 с). Следовательно,  $\text{BBr}_3$ , быстро окислившись до  $\text{B}_2\text{O}_3$ , может служить источником бора еще до того, как передний край лодочки с пластинами попадает в рабочую зону. Реакция окисления  $\text{BCl}_3$  ускоряется в присутствии паров воды, поэтому вместе с кислородом в газовый поток добавляют незначительное количество водорода [1].

Известны многие способы проведения процесса диффузии бора из твердого планарного жидкого, жидкого и газообразного источника [2].

Недостатками этих способов является:

- неравномерность распределения поверхностного сопротивления;
- высокие температуры;
- длительность процесса;
- появление на поверхности кремниевой пластины нерастворимых налетов в виде черного и бурого цвета;
- невозпроизводимость значений поверхностной концентрации.

Целью исследования является получения равномерности разброса значений поверхностного сопротивления по всей поверхности кремниевой пластины, уменьшения температуры и длительности процесса, устранения появления на поверхности кремниевой пластины нерастворимых налетов в виде бурого и черного цвета, а также воспроизводимость значений поверхностной концентрации.

Технологический процесс диффузия бора проводят в однозонных диффузионных печах типа на установке СДОМ-3/100. Кремниевые пластины размещаются на кварцевых лодочках, расстояние между пластинами 2,4 мм. Поставленная цель достигается проведением процесса диффузии бора с применением газообразного источника – треххлористого бора ( $\text{BCl}_3$ ), при следующем расходе газов: кислород  $\text{O}_2 = 12$  л/ч, азот  $\text{N}_2 = 380$  л/ч,  $\text{N}_2 + \text{H}_2 = 380$  л/ч,  $\text{BCl}_3 = 2$  л/ч (1000 ppm). Температура процесса  $900^\circ\text{C}$ , длительность процесса  $15 \pm 5$  минут.

Сущность этого способа состоит в том, что на поверхности кремниевой пластины протекает реакция окисления  $\text{BCl}_3$  из-за присутствия паров воды, поэтому вместе с кислородом в газовый поток добавляют незначительное количество водорода.

Контроль измерения поверхностного сопротивления ( $R_s$ ) осуществляется на установке «FPP-5000». При этом поверхностное сопротивление  $R_s = 55 \pm 5$  Ом/см.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет получить боросиликатный слой из газообразного источника треххлористого бора ( $\text{BCl}_3$ ) при температуре равной  $900^\circ\text{C}$  и поверхностным сопротивлением  $R_s = 55 \pm 5$  Ом\*см, при этом обеспечивается уменьшение разброса значений поверхностного сопротивления

по кремниевой пластине, снижение температуры и длительности процесса. Поверхностной концентрацией можно управлять путем изменения температуры диффузии, температуры источника и расхода потока.

### ***Список литературы***

1. Готра З.Ю., Осадчук В.В., Кучмий Г.Л. Диффузионное легирование в современной технологии кремниевых ИС // Зарубежная электронная техника. – 1990. – №5 (348). – С. 5–63.
2. Готра З.Ю. Технология микроэлектронных устройств. – М.: Радио и связь, 1991. – С. 179–180.