

ФОРМИРОВАНИЕ ОМИЧЕСКИХ КОНТАКТОВ АЛЮМИНИЙ-ПОЛИКРЕМНИЙ МЕТОДОМ БЫСТРОЙ ТЕРМООБРАБОТКИ

В.А. Пилипенко¹⁾, Д.В. Шестовский¹⁾, Д.В. Жигулин¹⁾,
В.М. Анищик²⁾, В.В. Понарядов²⁾

¹⁾ОАО «ИНТЕГРАЛ» - управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,
ул. Казинца 121A, Минск 220108, Беларусь,
office@bms.by, DShestovski@integral.by, zhygulin@mail.ru

²⁾Белорусский государственный университет,
пр. Независимости 4, Минск 220030, Беларусь, *anishchik@bsu.by, ponariadov@bsu.by*

Приведены результаты влияния быстрой термической обработки на этапе формирования омических контактов алюминий-поликремний в технологическом процессе производства изделий микроэлектроники. Установлено, что быстрая термическая обработка ($T_{\max}=450^{\circ}\text{C}$, 7 с, N_2) не приводит к растворению поликремния в алюминии в отличие от стандартной термической обработки ($T_{\max}=450^{\circ}\text{C}$, 20 мин, N_2) при которой наблюдается полное растворение поликремния с последующим его образованием в виде крупных конгломератов. Способность поликремния растворяться в алюминии приводит к изменению величины контактного сопротивления алюминий-поликремний, что значительно сказывается на выходных характеристиках интегральных микросхем и выходе годных изделий. Величина контактного сопротивления зависит от вида термической обработки и механизма формирования омических контактов на границе раздела алюминий-поликремний. В данной работе быстрая термическая обработка приводит к уменьшению контактного сопротивления по сравнению с омическими контактами, на которых не проводилось температурное воздействие.

Ключевые слова: быстрая термическая обработка; контактное сопротивление; омический контакт; поликремний; интегральная микросхема.

FORMATION OF ALUMINUM-POLYSILICON OHMIC CONTACTS BY RAPID THERMAL TREATMENT

V.A. Pilipenko¹⁾, D.V. Shestovski¹⁾, D.V. Zhyhulin¹⁾,
V.M. Anishchik²⁾, V.V. Ponaryadov²⁾

¹⁾JSC «INTEGRA» – «INTEGRAL» Holding Managing Company
121A Kazintsa Str., 220108 Minsk, Belarus,
office@bms.by, DShestovski@integral.by, zhygulin@mail.ru

²⁾Belarusian State University,
4 Nezavisimosti Ave., 220030 Minsk, Belarus, *anishchik@bsu.by, ponariadov@bsu.by*

The results of the influence of rapid thermal treatment at the stage of formation of ohmic contacts of aluminum-polysilicon in the technological process of production of microelectronic products are presented. It was established that rapid heat treatment ($T_{\max} = 450^{\circ}\text{C}$, 7 sec, N_2) does not lead to the dissolution of polysilicon in aluminum, in contrast to standard heat treatment ($T_{\max} = 450^{\circ}\text{C}$, 20 min, N_2), during which complete dissolution of polysilicon is observed, followed by its formation in the form of large conglomerates. The ability of polysilicon to dissolve in aluminum leads to a change in the value of the aluminum-polysilicon contact resistance, which significantly affects the output characteristics of integrated circuits and the yield of good products. The value of contact resistance depends on the type of heat treatment and the mechanism of formation of ohmic contacts at the aluminum-polysilicon interface. In this work, rapid heat treatment results in a decrease in contact resistance compared to ohmic contacts that were not subjected to temperature treatment.

Keywords: rapid heat treatment; contact resistance; ohmic contact; polysilicon; integrated circuit.

Введение

Формирование омических контактов алюминий-поликремний является одной из

основных операций при создании интегральных микросхем (ИМС). Надежность и долговечность работы микросхем сильно

зависят от качества формирования таких контактов [1]. Омические контакты создаются путем длительной термической обработки при температуре 450 °C в течение 20 мин [2] с использованием барьерных слоев из тугоплавких металлов (Ti, Ta, W) либо их нитридов. Отсутствие барьерных слоев приводит к растворению поликремния в алюминии с образованием крупных конгломератов поликремния [3], что способствует деградации омических контактов с последующим их разрушением.

В данной работе изучалось формирование омического контакта алюминий-поликремний методом быстрой термической обработки (БТО). Данный метод позволяет исключить применение барьерных слоев и создавать контакты как к поликремниевым затворам транзисторов, так и к мелкозалегающим *n*- и *p*- областям кремния.

Материалы и методы исследования

Изучение формирования омического контакта алюминий-поликремний методом БТО проводилось на кремниевых пластинах КДБ 10 (111), на которых были сформированы кристаллы ИМС управляемого стабилизатора напряжения. Измерение сопротивления контактных цепочек алюминий-поликремний проводилось на тестовых структурах с помощью измерителя параметров полупроводниковых приборов *Agilent B1500A* с зондовой станцией *Cascade Summit 11000B-AP*. Поликремниевые контакты разрезались и исследовались на двухлучевом растровом электронном микроскопе (РЭМ) *Versa 3D Dual Beam*. Элементный состав определялся с помощью энергодисперсионного спектрометра EDX системы EDAX. БТО пластин проводилось на установке УБТО ПИТ1801 в азоте при атмосферном давлении.

Результаты и их обсуждение

На рис. 1 показан фрагмент ИМС управляемого стабилизатора напряжения. Рез осуществлялся через цепочку контактов алюминий-поликремний.

Проведенные исследования показали

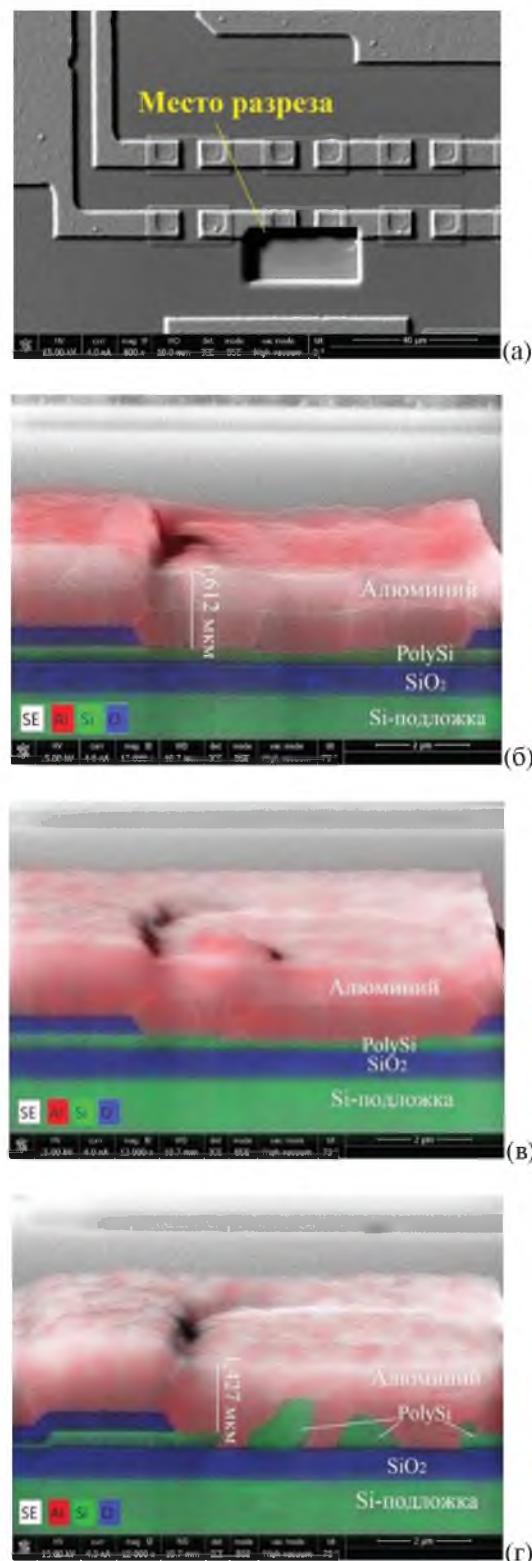


Рис. 1. РЭМ изображение разреза контакта алюминий-поликремний (Al-polySi) (а), и его изображение, полученное методом энергодисперсионного рентгеновского микроанализа до термообработки (б), после импульсной фотонной (450 °C, 7 с) (в) и длительной термической (450 °C, 20 мин) (г) обработки

(рис. 1), что на кристаллах ИМС имеет место такой же процесс растворения поликремния в алюминии с последующим его выделением в виде крупных конгломератов, что и на тестовых структурах, механизм которого был описан в работе [4].

Анализ изменения величины контактного сопротивления после различных видов термических воздействий показал, что после БТО контактное сопротивление уменьшилось на 20 Ом, а после длительной термической обработки уменьшилось на 90 Ом по сравнению с исходными структурами. Такое уменьшение контактного сопротивления связано с увеличением эффективной площади соприкосновения алюминия с конгломератами поликремния (рис. 1 г).

Заключение

Установлено, что в современных ИМС в процессе формирования омических контактов алюминий-поликремний с использованием длительной термической обработки (450°C , 20 мин, N_2) без применения барьерных слоев наблюдается полное рас-

творение поликремния в алюминии с выделением поликремния в виде крупных конгломератов. При использовании БТО (450°C , 7 с, N_2) такого явления не обнаружено. Применение БТО позволяет уменьшить величину контактного сопротивления за счет более развитой границы соприкосновения алюминий-поликремний, по сравнению с образцами, на которых не проводилась термическая обработка.

Библиографические ссылки

1. Sze Simon M., Yiming Li, and Kwok K.Ng. Physics of semiconductor devices. John wiley & sons, 2021.
2. Наливайко О.Ю., и др. Базовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем на кремнии. Т.3. Минск: Интегралполиграф; 2013. 785 с.
3. Пилипенко В.А. Быстрые термообработки в технологии СБИС. Минск: Издательский центр БГУ; 2004. 531 с.
4. Пилипенко В.А., Ковалчук Н.С., Жигулин Д.В. Шестовский Д.В., Анищик В.М., Понарядов В.В. Механизм взаимодействия алюминия с поликремнием при формировании омического контакта методами длительной и быстрой термообработок. *Журнал Белорусского государственного университета. Физика* 2024; (1): 42-48.