

УДК 621.382

ПРИМЕНЕНИЕ ВТОРИЧНО-ИОННОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АЛЮМИНИЕВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ С ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ КРЕМНИЕМ ПОСЛЕ БЫСТРОГО И ДЛИТЕЛЬНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ОТЖИГА

Пилипенко В. А.¹, Анищик В. М.², Понарядов В. В.², Жигулин Д. В.¹, Шестовский Д. В.¹¹Открытое акционерное общество «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»²Белорусский государственный университет

Минск, Беларусь

Аннотация. Метод вторично-ионной масс-спектрометрии является одним из основных методов по изучению элементного, химического и изотопного состава вещества. Благодаря своей высокой чувствительности он нашел широкое применение в микроэлектронике по изучению диффузионных явлений в тонких (от 1 нм) пленках полупроводниковых изделий. Данный метод позволяет определять концентрацию легирующей примеси, получать профили ее распределения, определять элементный состав вещества. С помощью вторично-ионной масс-спектрометрии была исследована граница раздела алюминий-поликремний после длительного и быстрого термического отжига. Установлено, что при длительном термическом отжиге (450 °C, 20 мин) происходит полное растворение поликремния в алюминии. Однако при быстром термическом отжиге (450 °C, 7 с) такого явления не обнаружено, что является следствием локального протекания диффузионных процессов на границе раздела алюминия с поликремнием.

Ключевые слова: омический контакт, граница раздела алюминий-поликремний, быстрая термообработка, интегральная микросхема, вторично-ионная масс-спектрометрия.

APPLICATION OF SECONDARY-ION MASS SPECTROMETRY TO STUDY THE INTERACTION OF ALUMINUM METALLIZATION WITH POLYCRYSTALLINE SILICON AFTER RAPID AND LONG-TERM THERMAL ANNEALING

Pilipenko V. A.¹, Anishchik V. M.², Ponaryadov V. V.², Zhyhulin D. V.¹, Shestovski D. V.¹¹Joint Stock Company «INTEGRAL» – «INTEGRAL» Holding Managing Company²Belarusian State University

Minsk, Belarus

Abstract. The method of secondary ion mass spectrometry is one of the main methods for studying the elemental, chemical and isotopic composition of a substance. Due to its high sensitivity, it has found wide application in microelectronics for studying diffusion phenomena in thin (from 1 nm) films of semiconductor products. This method allows one, obtain the concentration of a dopant, construct its distribution profiles, and determine the elemental composition of a substance. The aluminum-polysilicon interface was investigated using secondary ion mass spectrometry after long-term and rapid thermal annealing. It was established that during long-term thermal annealing (450 °C, 20 min) complete dissolution of polysilicon in aluminum occurs. However, no such phenomenon was observed during rapid thermal annealing (450 °C, 7 s), which is a consequence of the local diffusion processes at the aluminum-polysilicon interface.

Keywords: ohmic contact, aluminum-polysilicon interface, rapid thermal, integrated circuit, secondary ion mass spectrometry.

Адрес для переписки: Жигулин Д. В., ул.Казинца И. П., 121А, г Минск 220108, Республика Беларусь, e-mail: zhyhulin@mail.ru

Введение. Термический отжиг – одна из основных операций в технологическом процессе производства изделий микроэлектроники. От правильно подобранных режимов зависит процент выхода годных изделий. С уменьшением проектных норм уменьшается и длительность термического отжига [1, 2]. Стандартный процесс формирования омических контактов при длительном термическом отжиге (450 °C, 20 мин) может быть заменен на быстрый термический отжиг [1, 2]. Такая тенденция обусловлена диффузионными процессами, происходящими на границе раздела алюминия и поликремния.

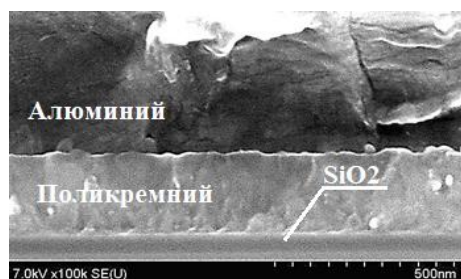
Экспериментальные результаты. Для изучения взаимодействия алюминия (Al) с поликремнием (ПКК) была изготовлена

структура Al (1,5 мкм) – ПКК (0,25 мкм) – SiO₂ (0,07 мкм). Полученная структура подвергалась длительному (ДТО) (450 °C, 20 мин, N₂) и быстрому (БТО) термическому отжигу (450 °C, 7 с, Ar). Исследование взаимодействия алюминия с поликремнием осуществлялось на сколе пластины с помощью растрового электронного микроскопа (РЭМ) S-4800 (Hitachi, Япония) и вторично-ионного масс-спектрометра (ВИМС) TOF.SIMS-5 (IonTof, Германия).

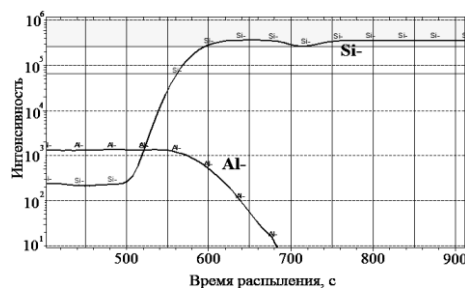
На рисунке 1 приведена структура Al-ПКК-SiO₂ без термического воздействия.

На рисунке 2 приведена структура Al-ПКК-SiO₂ после БТО (450 °C, 7 с, Ar).

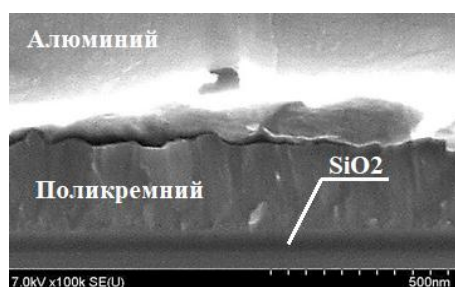
На рисунке 3 приведена структура Al-ПКК-SiO₂ после ДТО (450 °C, 20 мин, N₂).



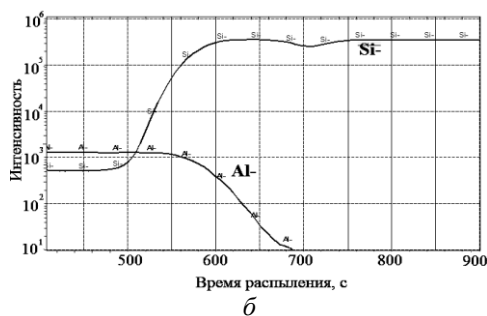
а



б

Рисунок 1 – Исходная структура Al-ПКК-SiO₂ (а) и ВИМС-профиль распределения элементов (б)

а

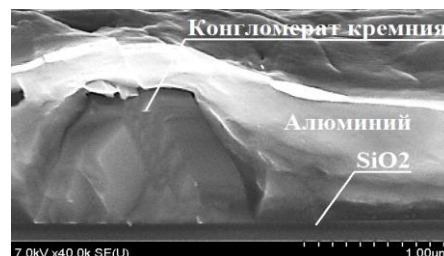


б

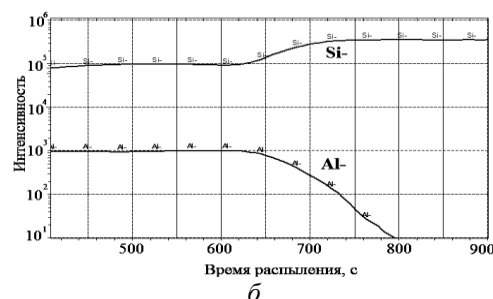
Рисунок 2 – Структура Al-ПКК-SiO₂ (а) и ВИМС-профиль распределения элементов (б) после БТО

Из рисунков 1-3 видно, что после ДТО поликремний полностью растворяется в алюминии с образованием крупных конгломератов кремния (рисунок 3, а). При БТО такого явления не наблюдается. Происходит незначительный рост зерна

поликремния на границе раздела с алюминием (рисунок 2, а). Анализ ВИМС-профилей показал, что после БТО наблюдается небольшое увеличение концентрации кремния в алюминии, что указывает на начало диффузионных процессов на границе раздела алюминий-поликремний (рисунок 2, б) [3]. При увеличении времени отжига (20 мин) поликремний полностью диффундирует в алюминий (рисунок 3, б).



а



б

Рисунок 3 – Структура Al-ПКК-SiO₂ (а) и ВИМС-профиль распределения элементов (б) после ДТО

Заключение. На основе сравнительного анализа результатов исследований ВИМС-профилей и РЭМ-изображений структур Al-ПКК-SiO₂ установлено, что БТО указанных структур приводит к небольшому увеличению концентрации кремния в алюминии вблизи границы раздела Al-ПКК, что является следствием локального протекания диффузионных процессов, в отличие от структур подвергнутых ДТО, где наблюдается практически полное растворение поликремния в алюминии.

Литература

1. Пилипенко, В. А. Быстрые обработки в технологии СБИС / В. А. Пилипенко. – Мн.: Издательский центр БГУ, 2004. – 218 с
2. Базовые технологические процессы изготовления полупроводниковых приборов и интегральных микросхем на кремнии / под ред. А. С. Турцевича. – Мн.: Интегралполиграф, 2013. – 344 с.
3. Количественные методы в масс-спектрометрии / И. Лаваньини [и др.]. – М.: Техносфера, 2008. – 176 с.