



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2022-20-7-20-27>

Оригинальная статья
Original paper

УДК 621.383:539.1.43

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ КОНТАКТОВ Al-Al НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ С КОНТАКТАМИ АЛЮМИНИЙ-ПОЛИКРЕМНИЙ

В. А. ПИЛИПЕНКО, В. А. СОЛОДУХА, Н. С. КОВАЛЬЧУК, Я. А. СОЛОВЬЁВ,
Д. В. ШЕСТОВСКИЙ, Д. В. ЖИГУЛИН

ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ» (г. Минск, Республика Беларусь)

Поступила в редакцию 11.08.2022

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2022

Аннотация. Статья посвящена установлению влияния применения быстрой термической обработки (450 °С, 7 с) для формирования омического контакта между двумя слоями алюминиевой металлизации на электрические параметры и надежность интегральных микросхем. В качестве анализируемых параметров выбраны величины сопротивлений контактных цепочек алюминий-кремний, алюминий-поликремний, поликремний-кремний p^+ , алюминий-кремний p^+ , вольт-амперные характеристики тестовых биполярных транзисторов, а также результаты анализа их надежности путем проведения термополевых испытаний. Сравнение этих параметров проводилось относительно микросхем, изготовленных с применением стандартной термообработки (450 °С, 20 мин) для формирования данного контакта. Анализ результатов величины сопротивления различных контактных цепочек показал, что независимо от вида термообработки все контактные цепочки, за исключением цепочки контактов алюминий-поликремний, имеют практически одинаковое сопротивление. Путем анализа элементного состава скола в области данного контакта методом растровой электронной микроскопии установлено, что при быстрой термической обработке глубина проникновения алюминия в поликремний в два раза меньше, чем при стандартном его формировании, за счет уменьшения в два раза времени воздействия высокой температуры. Это приводит к более низкой концентрации алюминия в кремнии и, как результат, – к более высокому контактному сопротивлению между алюминием и поликремнием. Анализ вольт-амперных характеристик показал, что все они идентичны за исключением хода прямой ветви зависимости величины базового тока от напряжения эмиттер-база. Отклонение линейного характера данной зависимости в области малых значений напряжения (≤ 200 мВ) в случае формирования омических контактов Al-Si и Al-Al с применением длительных термических обработок обусловлено преобладанием в данной области генерационно-рекомбинационного тока, связанного с повышенной плотностью ловушек в обедненной области и на поверхности полупроводника. Идеальное поведение базового тока в зависимости от напряжения эмиттер-база сохраняется с применением быстрой термообработки по формированию контакта Al-Al за счет устранения ловушек как в обедненном слое, так и на поверхности полупроводника. Проведенные испытания на надежность таких изделий показали, что она не зависит от вида формирования омического контакта между слоями металлизации.

Ключевые слова: быстрая термическая обработка, омические контакты, температурная нагрузка, вольт-амперная характеристика.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Пилипенко В. А., Солодуха В. А., Ковальчук Н. С., Соловьёв Я. А., Шестовский Д. В., Жигулин Д. В. Влияние термической нагрузки при формировании контактов Al-Al на электрические параметры интегральных микросхем с контактами алюминий-поликремний. Доклады БГУИР. 2022. 20 (7). С. 20–27.

THERMAL LOAD INFLUENCE DURING THE FORMATION OF Al-Al CONTACTS ON THE ELECTRICAL PARAMETERS OF THE INTEGRATED CIRCUITS WITH ALUMINUM-POLYSILICON CONTACTS

VLADIMIR A. PILIPENKO, VITALY A. SOLODUKHA, NATALLIA S. KOVALCHUK,
JAROSLAV A. SOLOVJOV, DMITRY V. SHESTOVSKI, DMITRY V. ZHYHULIN

JSC "INTEGRAL" – "INTEGRAL" Holding Managing Company (Minsk, Republic of Belarus)

Submitted 11.08.2022

© Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2022

Abstract. This work is devoted to establishing the effect of using rapid thermal processing (RTP) method (450 °C, 7 s) to form an ohmic contact between two layers of aluminum metallization on the electrical parameters and reliability of integrated circuits. The resistance values of contact chains aluminum-silicon, aluminum-polysilicon, polysilicon-silicon n^+ , aluminum-silicon n^+ , current-voltage characteristics of the tested bipolar transistors, as well as the results of the reliability analyses by conducting thermal field tests were chosen as the analyzed parameters of this microcircuit. Comparison of these parameters was carried out with respect to the microcircuits manufactured using standard RTP method (450 °C, 20 min) to form this contact. An analysis of the results of the resistance value of various contact chains showed that, regardless of the type of thermal treatment, all contact chains, with the exception of the aluminum-polysilicon contact chain, have almost the same resistance. By analyzing the elemental composition of the cleavage in the area of this contact by scanning electron microscopy, it was found that during rapid heat treatment, the depth of penetration of aluminum into polysilicon is 2 times less than during its standard formation due to a 2-fold reduction in the time of exposure to high temperature compared to the standard process. This leads to a lower concentration of the aluminum in the silicon and as a result to a higher contact resistance between the aluminum and polysilicon. An analysis of the current-voltage characteristics showed that they are all identical, except for the course of the direct branch of the base current value from the emitter-base voltage. The deviation of the linear nature of this dependence in the region of their low voltage values (≤ 200 mV) in the case of the formation of ohmic Al-Si and Al-Al contacts with the use of long-term heat treatments is due to the predominance of the generation-recombination current in this region associated with an increased density of traps in the depleted region and on the surface of the semiconductor. The ideal behavior of the base current versus the emitter-based voltage is maintained by applying rapid RTP method to form an Al-Al contact by eliminating traps both in the depletion layer and on the surface of the semiconductor. The tests carried out on the reliability of these products showed that it does not depend on the type of formation of ohmic contacts between the metallization layers.

Keywords: rapid thermal processing method, ohmic contact, thermal load, I-V characteristics.

Conflict of interests. The authors declare no conflict of interests.

For citation. Pilipenko V. A., Solodukha V. A., Kovalchuk N. S., Solovjov J. A., Shestovski D. V., Zhyhulin D. V. Thermal Load Influence during the Formation of Al-Al Contacts on the Electrical Parameters of the Integrated Circuits with Aluminum-Polysilicon Contacts. Doklady BGUIR. 2022. 20 (7), 20–27.

Введение

Одним из основных условий увеличения степени интеграции электронной элементной базы, а также повышения ее надежности, является снижение тепловой нагрузки, оказываемой на полупроводниковую пластину в процессе формирования на ней интегральных микросхем (ИМС). Данный подход позволяет уменьшить перераспределение введенной при ионном легировании примеси, величину переходного слоя «эпитаксиальная пленка – скрытый n^+ -слой», глубину проникновения алюминия в кремний и практически исключить загрязнение полупроводникового материала неконтролируемыми примесями [1]. Особенно остро этот вопрос стоит при формировании омических контактов к кремнию и поликремнию