

## "ЭЛЕКТРОННАЯ ТЕХНИКА. Серия 3. МИКРОЭЛЕКТРОНИКА"

### Редакционный совет

#### Главный редактор

Красников Г.Я., д.т.н.,  
академик РАН

### Члены редакционного совета

#### Аристов В.В.,

член-корреспондент РАН

#### Асеев А.Л., д.ф.-м.н.,

академик РАН

#### Бетелин В.Б., д.ф.-м.н.,

академик РАН

#### Бокарев В.П., к.х.н.,

ответственный секретарь

#### Бугаев А.С., д.ф.-м.н.,

академик РАН

#### Быков В.А., д.т.н.

#### Галиев Г.Б., д.ф.-м.н.

#### Горбачевич А.А. д.ф.-м.н.,

член-корреспондент РАН

#### Горнев Е.С., д.т.н.,

зам. главного редактора

#### Грибов Б.Г., д.х.н.,

член-корреспондент РАН

#### Зайцев Н.А., д.т.н.

#### Ким А.К., к.т.н.

#### Критенко М.И., к.т.н.

#### Немудров В.Г., д.т.н.

#### Петричкович Я.Я., д.т.н.

#### Сигов А.С., д.ф.-м.н., академик РАН

#### Стемпковский А.Л., д.т.н.,

академик РАН

#### Чаплыгин Ю.А., д.т.н.,

член-корреспондент РАН

#### Шелепин Н.А., д.т.н.,

зам. главного редактора

#### Эннс В.И., к.т.н.

### Адрес редакции

✉ 124460 г. Москва, Зеленоград,

1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1

☎ +7 495 229-70-43

✉ journal\_EEM-3@mikron.ru

🌐 www.mikron.ru/journal

Журнал издается с 1965 года

### Учредитель

АО "Научно-исследовательский  
институт молекулярной  
электроники"

## ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИЯ

### Г.Я. КРАСНИКОВ, О.П. ГУЩИН, М.В. ЛИТАВРИН, Е.С. ГОРНЕВ

DSA-комплементарный метод усиления разрешения  
иммерсионной литографии ..... 4

## СВОЙСТВА МАТЕРИАЛОВ

### Ф.И. ВЫСИКАЙЛО, В.С. МИТИН, А.Ю. ЯКОВЛЕВ, В.В. БЕЛЯЕВ

Модификация свойств наноструктурированных медь-углеродных  
композитных покрытий ..... 18

### С.О. РАНЧИН, И.В. КИРЮШИНА

Свойства буферного травителя оксида кремния и особенности  
использования в технологии интегральных схем ..... 38

### Н.А. КУЗНЕЦОВА, Р.Д. ЭРЛИХ, В.В. СОЛОВЬЕВ

Отечественный фоторезист для взрывной фотолитографии ..... 44

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

### Г.Я. КРАСНИКОВ, Е.С. ГОРНЕВ., И.В. МАТЮШКИН

Общая теория технологии и микроэлектроника:  
Часть 1. Уровни описания технологии ..... 51

## НАДЕЖНОСТЬ

### А.В. МАРКИН

Особенности понятия "кратность воздухообмена" применительно  
к чистым помещениям производственного назначения ..... 70

**"ELECTRONIC ENGINEERING.  
Series 3. MICROELECTRONICS"**

**Editorial Council**

**Chief Editor**

**G.Ya. Krasnikov**, Sc.D.,  
Full Member of the RAS

**The Members**

**of Editorial Council**

**Aristov V.V.**, Sc.D.,  
Corresponding Member of the RAS

**Aseev A.L.**, Sc.D.,  
Full Member of the RAS

**Betelin V.B.**, Sc.D.,  
Full Member of the RAS

**Bokarev V.P.**, Ph.D.,  
Responsible Secretary

**Bugaev A.S.**, Sc.D.,  
Full Member of the RAS

**Bykov V.A.**, Sc.D.

**Galiev G.B.**, Sc.D.

**Gorbatsevich A.A.**, Sc.D.,  
Corresponding Member of the RAS

**Gornev E.S.**, Sc.D.,  
Deputy Chief Editor

**Gribov B.G.**, Sc.D.,  
Corresponding Member of the RAS

**Zaitsev N.A.**, Sc.D.

**Kim A.K.**, Ph.D.

**Kritenko M.I.**, Ph.D.

**Nemudrov V.G.**, Sc.D.

**Petrichkovich Ya.Ya.**, Sc.D.

**Sigov A.S.**, Sc.D.,  
Full Member of the RAS

**Stempkovskiy A.L.**, Sc.D.,  
Full Member of the RAS

**Chaplygin Y.A.**, Sc.D.,  
Corresponding Member of the RAS

**Shelepin N.A.**, Sc.D.,  
Deputy Chief Editor

**Enns V.V.**, Ph.D.

**Editorial Staff Address**

📍 1-st Zapadny pr-d 12, str. 1.  
Zelenograd, Moscow, 124460, Russian  
Federation

☎ +7 495 229-70-43

✉ journal\_EEM-3@mikron.ru

🌐 www.mikron.ru/journal

Journal was published from 1965 year

**Founder**

Joint-Stock Company "Molecular  
Electronic Research Institute"

**PROCESSES AND TECHNOLOGY**

**G.YA. KRASNIKOV, O.P. GUSHCHIN, M.V. LITAVRIN, E.S. GORNEV**

DSA – complementary method of enhancing resolution  
of immersion lithography ..... 4

**PROPERTIES OF MATERIALS**

**P.I. VYSIKAYLO, V.S. MITIN, A. YU. YAKOVLEV, V.V. BELYAEV**

Cooper-carbon nanostructured composite coatings with controlled structure ..... 18

**S.O. RANCHIN, I.V. KIRYUSHINA**

Buffered oxide etcher properties and usage features in the integrated  
circuits technology ..... 38

**N.A. KUZNETSOVA, R.D. ERLICH, V.V. SOLOVYEV**

Domestic photoresist for lift-off photolithography ..... 44

**MATHEMATICAL SIMULATION**

**G.YA. KRASNIKOV, E.S. GORNEV, I.V. MATYUSHKIN**

General theory of technology and microelectronics:  
Part 1. Levels of technology ..... 51

**RELIABILITY**

**A.V. MARKIN**

The features of the concept "ventilation rate"  
in relation to clean rooms for production purposes ..... 70

### DSA – КОМПЛЕМЕНТАРНЫЙ МЕТОД УСИЛЕНИЯ РАЗРЕШЕНИЯ ИММЕРСИОННОЙ ЛИТОГРАФИИ

За последние несколько лет инновационные методы формирования изображения достигли значительного прогресса. На протяжении десятилетий EUV-литография (extreme ultraviolet) являлась главным кандидатом на усиление разрешающей способности оптической литографии. Этот метод уже сейчас применяется для изготовления пилотных партий как дополнение к иммерсионной литографии. К 2020 году планируется его полное освоение с минимальными проектными нормами 7–5 нм, причем для разрешения 5 нм будет использоваться однократная EUV-литография. Однако даже в этой перспективе не все производители смогут позволить себе использование этой технологии. В то же время альтернативные, или так называемые комплементарные, как для EUVL, так и для иммерсионной литографии, методы усиления разрешения также стремительно развиваются. Метод направленной самосборки (directed self-assembly, DSA) демонстрирует значительный прогресс в развитии, а также в решении проблем по уменьшению дефектности, интеграции в топологию, оптимизации маршрутов. Многолучевая электронная литография (multi-beam electron lithography, ML2) также медленно, но прогрессирует в решении проблем, связанных с надежностью и стабилизацией основных точностных параметров.

**Ключевые слова:** направленная самосборка (directed self-assembly, DSA), EUV-литография (extreme ultraviolet), многолучевая электронная литография (multi-beam electron lithography, ML2), иммерсионная литография, новое поколение литографии (NGL), мультипаттернирование, блок-сополимер, параметр взаимодействия  $\chi$ , закрепляющий слой, нейтральный слой, хемозпитаксия, графоэпитаксия

#### Сведения об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, академик Российской академии наук; Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, gkrasnikov@mikron.ru;

Гушин Олег Павлович; Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, ogushin@mikron.ru;

Литаврин Михаил Владимирович; Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, mlitavrin@mikron.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, доктор технических наук; Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, г. Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12, стр. 1, egornev@mikron.ru.

### МОДИФИКАЦИЯ СВОЙСТВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ МЕДЬ-УГЛЕРОДНЫХ КОМПЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Исследованы композиционные покрытия из не взаимодействующих между собой металлургическим путем меди и углерода. Покрытия получали методом высокоскоростного ионно-плазменного магнетронного распыления (ВИПМР) с использованием составных мозаичных мишеней (ММ). Экспериментально показано, что метод ВИПМР позволяет эффективно распылять с одинаковой установившейся скоростью такие разнородные материалы, как медь и углерод в заранее заданной пропорции. При этом формируется поток атомов меди и углерода, гомогенно смешанных между собой на атомарном уровне. Поток меди и углерода осаждается на подложке в виде двухкомпонентного композиционного покрытия заданного состава на макроуровне. Установлено, что на поверхности подложки формируется покрытие, состоящее из медной и углеродной фаз наноразмерного диапазона типа ядро-оболочка. Кристаллическая дисперсия покрытия изменяется в зависимости от содержания в композите углерода. В зависимости от процентного содержания меди и углерода на подложке происходит формирование различных наночастиц и соответствующее наноструктурирование композита. Исследование фазового и элементного состава, микроструктуры, топографии поверхности, микротвердости, коэффициента трения и других характеристик получаемых наноструктурированных покрытий показывает, что медь и углерод в процессе осаждения на подложку, нагретую до 350–450 °С, на наноразмерном уровне взаимно не смешиваются и химически не взаимодействуют, но процентное содержание нанокристаллитов в композите существенно влияют на свойства композита. Концентрация углерода оказывает существенное влияние на шероховатость поверхности, адгезию, механические, электрические и трибологические свойства. Так при содержании 10–15% (ат.) углерода наблюдается снижение коэффициента сухого трения покрытия до 0,1, а износостойкость  $< 10^{-17}$  м<sup>3</sup>/Н·м. Полученные экспериментальные результаты качественно объясняются захватом свободных электронов наноструктурами углерода и формированием слоев объемного заряда.

**Ключевые слова:** Cu-C нанокompозит, управление свойствами нанокompозитов, коэффициент сухого трения, износостойкость

#### Сведения об авторах:

Висыкало Филипп Иванович, д. ф.-м. н.; Акционерное общество «Московский радиотехнический институт РАН», 117519, Россия, Москва, Варшавское шоссе, д. 132, filvys@yandex.ru;

Митин Валерий Семёнович, к. т. н.; Открытое акционерное общество «Высоко-технологический научно-исследовательский институт неорганических материалов им. акад. А.А. Бочвара», 123098, Москва, ул. Рогова, д.5а, mitin2@mail.ru;

Яковлев Александр Юрьевич; Акционерное общество «Московский радиотехнический институт РАН», 117519, Россия, Москва, Варшавское шоссе, д. 132, iesakov@yandex.ru;

Беляев Виктор Васильевич, д. т. н., профессор; Московский государственный областной университет, 105005, г. Москва, ул. Радио д. 10 а, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6, vic\_belyaev@mail.ru

### DSA – COMPLEMENTARY METHOD OF ENHANCING RESOLUTION OF IMMERSION LITHOGRAPHY

Over the past few years, novel lithography techniques have made a significant progress. For deAcades, the EUV-lithography (EUV) has been a prime candidate to enhance the resolution of optical lithography. This method is already used for the producing of pilot batches, together with immersion lithography. By 2020 it is planned to complete the development of a "7–5 nm node", and "5 nm node" designs will be made by single EUV lithography. However, even in this perspective, not all manufacturers will be able to afford using this technology. At the same time, alternative or complementary for EUVL and for immersion lithography, resolution enhancing techniques have also been rapidly developing. The method of directed self-assembly (DSA) shows significant progress in its development and in addressing the remaining challenges to reduce defects, design integration, as well as route optimization. Multi-beam electron lithography (ML2) also achieved significant progress in addressing the problems associated with the reliability and accuracy stabilization of the main parameters.

**Keywords:** directed self-assembly (DSA), extreme ultraviolet lithography (EUV), multi-beam electron lithography (ML2), immersion lithography, next generation lithography (NGL), multi-patterning (MP), block copolymer, interaction parameter  $\chi$ , mat, brush, graphoepitaxy, chemoepitaxy

#### Data of authors:

Krasnikov Gennady Yakovlevich, Dr.Sci.; RAS academician; Molecular Electronic Research Institute SC, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadnyy proezd, d. 12/1, gkrasnikov@mikron.ru;

Gushchin Oleg Pavlovich; Molecular Electronic Research Institute SC, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadnyy proezd, d. 12/1, ogushin@mikron.ru;

Litavrin Michail Vladimirovich; Molecular Electronic Research Institute SC, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadnyy proezd, d. 12/1, mlitavrin@mikron.ru;

Gornev Evgeny Sergeevich, doctor of Engineering Sciences; Molecular Electronic Research Institute SC, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadnyy proezd, d. 12/1, egornev@mikron.ru.

### COOPER-CARBON NANOSTRUCTURED COMPOSITE COATINGS WITH CONTROLLED STRUCTURE

Studied Cu-C-composite. Coatings were produced by high ion plasma magnetron sputtering (HIPMS) using a composite mosaic target. It is shown experimentally that the HIPMS method can effectively spraying with the same steady rate of such diverse materials as copper and carbon in predetermined proportions. In this case, it is formed by the flow of copper and carbon, is homogeneously mixed with each other at the atomic level. The flow of copper and carbon is deposited on the substrate in the form of two-component composite coating of given composition at the macro level. Studies have shown that at the nanoscale on the substrate is formed nanophases and related nanostructuring of the composite. The phase and elemental composition, microstructure, surface topography, microhardness, friction coefficient and other characteristics of the nanostructured coating shows that the copper and carbon in the process of deposition on a substrate heated to 350–450 °C, at the nanoscale are not mutually mixed and not chemically interact. On the surface of the substrate coating is formed, consisting of copper and carbon nanosize range of phases. The crystal dispersion coating varies depending on the content of carbon in the composite. The carbon concentration has a significant influence on surface roughness, adhesion and mechanical, electrical and tribological properties. So if they contain 10–15% (at.) carbon is observed decline in the dry-friction coating to 0,1–0,15. The mechanical properties can be explained by free electrons capture with carbon nanostructures and space charge formation.

**Keywords:** Cu-C Nanocomposite, Coatings, Hardness, Friction Coefficient, X-Ray Diffraction, Raman Spec-troscopy

#### Data of authors:

Vysikaylo Philip Ivanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences; The Moscow Radiotechnical Institute, Russian Academy of Sciences, 117519, Russia, Moscow, Warsaw highway, 132, filvys@yandex.ru;

Mitin Valeriy Semyonovich, Candidate of Engineering Sciences; The A.A. Bochvar High-Technology Scientific Research Institute for Inorganic Materials, 123098, Russia, Moscow, Rogov street, 5a, mitin2@mail.ru;

Yakovlev Alexandr Yurievich; The Moscow Radiotechnical Institute, Russian Academy of Sciences, (MRTI RAS), 117519, Russia, Moscow, Warsaw highway, 132, iesakov@yandex.ru;

Belyaev Victor Vasilevich, Doctor of technical science; Moscow Region State University, Professor, Peoples' Friendship University of Russia, 117198, Russia, Moscow, Miklukho-Maklaya street, 6, vic\_belyaev@mail.ru

### СВОЙСТВА БУФЕРНОГО ТРАВИТЕЛЯ ОКСИДА КРЕМНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

В данной работе рассматриваются свойства буферного травителя оксида кремния и особенности его использования в технологии изготовления интегральных схем. Показаны причины использования буферного травителя для травления оксида кремния с маской фоторезиста, рассмотрено влияние концентраций компонентов на поведение самого травителя и действие на поверхность пластины.

**Ключевые слова:** буферный травитель, BOE, BHF, травление, оксид кремния, селективность

#### Сведения об авторах:

Ранчин Сергей Олегович, Публичное акционерное общество «Микрон», 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, 12/1, e-mail: sranchin@mikron.ru;

Кiryushina Ирина Васильевна, Публичное акционерное общество «Микрон», 124460, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, 12/1, e-mail: ikiryushina@mikron.ru

### ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ФОТОРЕЗИСТ ДЛЯ ВЗРЫВНОЙ ФОТОЛИТОГРАФИИ

Для технологии металлизации полупроводниковых пластин методом «взрывной» литографии разработан негативный фоторезист ФН-16У-7 - аналог импортного фоторезиста AZ nLOF 2070. Фоторезист работает на принципе «химического усиления», и в своем составе дополнительно содержит компонент, способствующий формированию отрицательного угла наклона маски фоторезиста. Продемонстрировано, что путем изменения концентрации этого компонента в негативном фоторезисте можно контролировать его профиль фоторезистивной маски.

**Ключевые слова:** негативный фоторезист; металлизация; «взрывная» литография

#### Сведения об авторах:

Кузнецова Нина Александровна, д.х.н.; Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научный центр «Научно-исследовательский институт органических полупроводников и красителей», 123001, г. Москва, ул. Большая Садовая, д. 1 корп. 4, lab32@niopik.ru;

Эрlich Рoальд Давидович, к.х.н.; Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научный центр «Научно-исследовательский институт органических полупроводников и красителей», 123001, г. Москва, ул. Большая Садовая, д. 1 корп. 4, lab32@niopik.ru;

Соловьев Виктор Васильевич, к.ф.-м.н.; Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт физики твердого тела» Российской академии наук, 142432, Черноголовка, Московская область, ул. Лесная, д. 9, vicsol@issp.ac.ru

### ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ТЕХНОЛОГИИ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКА: ЧАСТЬ 1. УРОВНИ ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

Приводится обзор существующих подходов к пониманию и описанию технологических процессов (технологии). На их фоне формулируется авторская концепция «общей теории технологий» как раздела общей теории систем. Указывается место микроэлектроники в истории и современном древе технологий.

**Ключевые слова:** общая теория систем, кибернетика, критические технологии, технология, технологический процесс, научно-технический прогресс, технологический уклад, инновации

#### Сведения об авторах:

Красников Геннадий Яковлевич, д.т.н., академик Российской академии наук; Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д.12/1, gkrasnikov@mikron.ru;

Горнев Евгений Сергеевич, д.т.н.; Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12/1, ggornev@mikron.ru;

Матюшкин Игорь Валерьевич, к.ф.-м.н.; Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», 124498, г. Москва, г. Зеленоград, площадь Шокина, д. 1.; Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, Россия, Москва, Зеленоград, 1-й Западный проезд, д. 12/1, imatushkin@mikron.ru

### ОСОБЕННОСТИ ПОНЯТИЯ «КРАТНОСТЬ ВОЗДУХООБМЕНА» ПРИМЕНительно К ЧИСТЫМ ПОМЕЩЕНИЯМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Настоящая работа посвящена оценке одной из основных характеристик чистых помещений, предназначенных для производства ИМС, так называемой кратности воздухообмена в помещении. Рассмотрены факторы, существенно влияющие на величину этой характеристики. Показано, что она все же является вторичной по отношению к более важной характеристике – объему воздуха, подаваемого в единицу времени на единичную площадь рабочей зоны чистого помещения. Затронутые в статье вопросы нуждаются в более детальном освещении, что планируется сделать в последующих публикациях.

**Ключевые слова:** кратность воздухообмена, интенсивность подачи кондиционного воздуха в чистое помещение

#### Сведения об авторах:

Маркин Александр Викторович, Акционерное общество «Научно-исследовательский институт молекулярной электроники», 124460, РФ, Москва, Зеленоград, 1-ый Западный проезд, д. 12, стр. 1, almarkin@mikron.ru

### BUFFERED OXIDE ETCHER PROPERTIES AND USAGE FEATURES IN THE INTEGRATED CIRCUITS TECHNOLOGY

Buffered oxide etcher properties and usage features in the integrated circuits technology are considered in this publication. Buffered oxide etcher for silicon oxide with photoresist mask etching usage reasons are shown, componentry concentrations impacting on the etcher behavior and impact on wafer surface was considered.

**Keywords:** buffered etcher, BOE, BHF, etching, silicon oxide, selectivity

#### Data of authors:

Krasnikov Gennadiy Yakovlevich, Dr.Sci.; RAS academician; Molecular Electronic Research Ranchin Sergey Olegovich, "Micron" Public joint stock company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, 12/1, e-mail: sranchin@mikron.ru;

Kiryushina Irina Vasilievna, "Micron" Public joint stock company, 124460, Russia, Moscow, Zelenograd, 1st Zapadny proezd, 12/1, e-mail: sranchin@mikron.ru

### DOMESTIC PHOTORESIST FOR LIFT-OFF PHOTOLITHOGRAPHY

Negative i-line photoresist FN-16U-7 is analogous to AZ nLOF 2070 and formulated for lift-off lithography processes to create metallic interconnections on semiconductor substrates. FN-16U-7 uses the "chemical amplification" concept and contains an additional special component to promote the formation of a negative wall profile. It was demonstrated that by changing the component concentration one may finely tune the negative mask tilt.

**Keywords:** negative photoresist; metallization; lift-off lithography

#### Data of authors:

Kuznetsova Nina Aleksandrovna, doctor of chemical Sciences; Federal State Unitary Enterprise "State Scientific Center" Scientific Research Institute of Organic Intermediates and Dyes", B. Sadovaya 1/4, Moscow, 123995 Russia, lab32@niopik.ru;

Erlch Roald Davidovich, PhD in Chemistry; Federal State Unitary Enterprise "State Scientific Center" Scientific Research Institute of Organic Intermediates and Dyes", B. Sadovaya 1/4, Moscow, 123995 Russia, lab32@niopik.ru;

Solovyyev Victor Vasil'evich, PhD in Physics; Institute of Solid State Physics, Chernogolovka, Moscow District, 2 Academician Ossipyan str., 142432 Russia, vicsol@issp.ac.ru

### GENERAL THEORY OF TECHNOLOGY AND MICROELECTRONICS: PART 1. LEVELS OF TECHNOLOGY

A review of existing approaches to understanding and describing technological processes (technology) is given. Taking into account these approaches the author's conception of the "General Theory of Technology" is stated as a part of the General Systems Theory. The place of microelectronics in history and modern technology tree is indicated.

**Keywords:** general systems theory, cybernetics, general purpose technologies, technology, technological process, scientific and technological progress, technological structure, innovations

#### Data of authors:

Krasnikov Gennadij Yakovlevich, Doctor of Engineering Sciences; Stock Company Molecular Electronic Research Institute; d. 12/1, 1-st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russian Federation, 124460, gkrasnikov@mikron.ru;

Gornev Evgeni Sergeevich, Doctor of Engineering Sciences; Stock Company Molecular Electronic Research Institute; d. 12/1, 1-st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russian Federation, 124460, egornev@mikron.ru;

Matushkin Igor Valerevich. Dr.Ph, National Research University of Electronic Technology, Bld. 1, Shokin Square, Zelenograd, Moscow, Russia, 124498, Stock Company Molecular Electronic Research Institute; d. 12/1, 1-st Zapadny proezd, Zelenograd, Moscow, Russian Federation, 124460, imatushkin@mikron.ru

### ABOUT THE FEATURES OF THE CONCEPT "VENTILATION RATE", IN RELATION TO CLEAN ROOMS FOR PRODUCTION PURPOSES

The article is dedicated to one of the main characteristics of the clean rooms that intended for the production of IMS – the so-called ventilation rate in the room. This paper examines factors significantly affecting the value of this characteristic. It is shown that however it is secondary to the more important characteristic that is the volume of air supplied in unit time on unit area of the working area of a clean room. Issues raised in the article need in more detailed coverage of that is planned to do in subsequent publications.

**Keywords:** ventilation rate, the flow rate of conditioned air to the clean room

#### Data of authors:

Markin Alexandr Viktorovich, «Molecular Electronic Research Institute», Stock Company, d. 12/1, 1-y Zapadny proezd Zelenograd, Moscow, Russian Federation, 124460, almarkin@mikron.ru