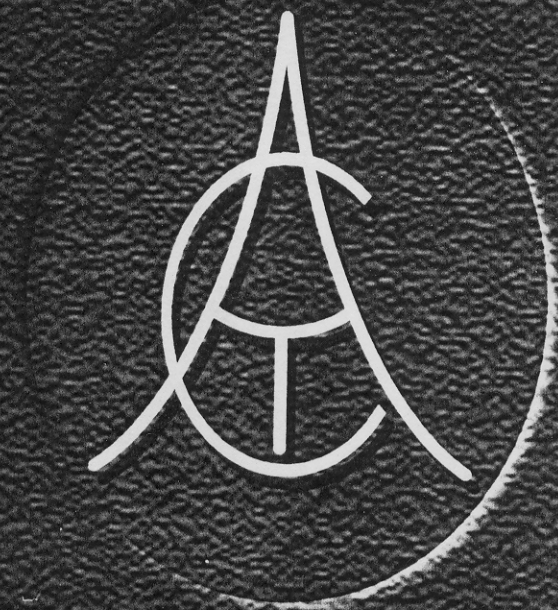


ISSN 0869-4931

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ



10
2013

<http://www.mashin.ru>

Автоматизация и Современные Технологии

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЁТСЯ С 1947 ГОДА

Главный редактор

В.Л. Белоусов — д.э.н., проф., МГУПИ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Бучаченко А.Л. — д.х.н., проф., ИПХФ РАН

Гусев А.А. — д.т.н., проф., МГТУ "СТАНКИН"

Дегтярев Ю.И. — д.т.н., проф., МАИ

Елисеев В.А. — д.т.н., Ин-т Инновац.-технологич.
менеджмента

Иванов А.П. — д.э.н., проф., МГУПС (МИИТ)

Мальцева С.В. — д.т.н., проф., НИУ ВШЭ

Нефедов Е.И. — д.ф.-м.н., ИРЭ РАН

Шебалин И.Ю. — к.ф.-м.н.,

ООО "Изд-во Машиностроение"

(заместитель главного редактора)

РЕДАКЦИЯ:

Шебалин И.Ю. — зам. главного редактора

Осипова В.Г. — научный редактор

Богус С.В. — секретарь

Адрес редакции:

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 748 0290,

E-mail: ast@mashin.ru; <http://www.mashin.ru>

10
2013

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РЕСПУБЛИКАНСКИЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
НАУЧНО-КОНСУЛЬТАЦИОННЫЙ
ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗЫ

Журнал зарегистрирован 9 апреля 1999 г.
за № 018684 в Комитете
Российской Федерации по печати

Журнал входит в перечень
утверждённых ВАК РФ изданий
для публикации трудов соискателей
учёных степеней

ООО "Издательство Машиностроение"

Адрес издательства:

107076, Москва,

Стромынский пер., 4

Тел.: (499) 268 3858,

факс: (499) 269 4897

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

- Буренин В.В. Новые теплообменники для систем гидроавтоматики и объёмного гидропривода машин и механизмов 3
- Чикунев Ю.М. Исследование причин и оценка частоты наступления аварийных ситуаций в системе обкаточно-тормозных стендов 9
- Моисеев Ю.В., Дьяков И.Ф., Попович А.В. О возможности повышения производительности металло-режущего оборудования при обработке поверхностей 13

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

- Звонов А.О., Янишевская А.Г. Методы искусственного интеллекта в задачах автоматизации принятия проектных решений 18
- Васин В.А., Фатьянова Н.Г., Трошин Б.А., Васичев Б.Н., Степанчиков С.В. Особенности развития отечественного оборудования для нанотехнологий 21
- Федоренко А.С., Ашратов А.А., Вдовин М.В., Микаева С.А. Световые приборы переменной цветности с использованием светодиодов 26
- Клячкин В.Н., Кравцов Ю.А. Повышение эффективности статистического контроля многопараметрического технологического процесса на основе карты Хотеллинга с предупреждающей границей 35
- Бендерский Б.Я., Копылов К.А. Моделирование процесса взаимодействия теплоносителя с прутком в спрейерной камере 38

ВЫСТАВКИ И ПРЕЗЕНТАЦИИ

- Технология Cisco vPath поддерживает лучшие в своём классе облачные сетевые услуги 44

ОБЗОР ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ПЕЧАТИ

- По страницам журналов 45

CONTENTS

AUTOMATION OF SCIENTIFIC-RESEARCH AND PRODUCTION

- Burenin V.V. New heat exchangers for hydroautomatic systems and a volumetric hydraulic drive of the machines and mechanisms 3
- Chikunov Yu.M. The reasons research and valuation of the emergency situations frequency in the ruin braking stands system 9
- Moiseev Yu.V., Dyakov I.F., Popovich A.V. Possibility of the metal-cutting equipment productivity increase when surface machining 13

MODERN TECHNOLOGIES

- Zvonov A.O., Yanishevskaya A.G. Artificial intellection method in the designed decision-making automation tasks 18
- Vasin V.A., Fatyanova N.G., Troshin B.A., Vasichev B.N., Stepanchikov S.V. Domestic equipment development features for nanotechnologies 21
- Fedorenko A.S., Ashryatov A.A., Vdovin M.V., Mikaeva S.A. Variable coloration light devices through the use of LED 26
- Klyachkin V.N., Kravtsov Yu.A. Statistical control efficiency increase of the polyvalent technological process from the Hotelling's card with warning border 35
- Benderskiy B.Ya., Kopylov K.A. The interaction process modeling of the heat-transfer agent with the rod in the sprayer chamber 38

EXHIBITIONS AND PRESENTATIONS

- Technology Cisco vPath supports the best-in-category cloud network services 44

SURVEY OF PERIODICALS

- Periodicals review 45

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индекс по каталогу "Роспечать" — 70537, по каталогу "Пресса России" — 27838, по каталогу Российской прессы "Почта России" — 60267) или непосредственно в издательстве по факсу: (499) 269 4897, по e-mail: realiz@mashin.ru, на сайте www.mashin.ru (без почтовых наценок, с любого месяца, со своего рабочего места); телефоны для справок: (499) 269 6600, 269 5298

Сдано в набор 29.08.13. Подписано в печать 26.09.13.
Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная.
Усл. печ.л. 5,88. Цена свободная

Отпечатано в ООО "Белый ветер"
115407, Москва, Нагатинская наб., 54

Перепечатка материалов из журнала "Автоматизация и современные технологии" возможна при обязательном письменном согласии редакции журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Автоматизация и современные технологии" обязательна. За содержание рекламных материалов ответственность несёт рекламодатель

© Издательство "Машиностроение",
"Автоматизация и современные технологии", 2013 г.

гается, что последовательное изменение и усложнение среды будет приводить к усложнению самой системы. Применение генетических алгоритмов позволит получить систему с требуемыми характеристиками. Далее её обучение может быть подобным обучению классических экспертных систем.

Применение интеллектуальных систем, использующих современные нейронные сети, имеет преимущества: автоматическое самообучение сети, независимость от предметной области, возможность более полного использования знаний по сравнению с экспертными системами.

К недостаткам можно отнести увеличение времени обучения, более высокую сложность алгоритмов и контроля процесса принятия решения.

Таким образом, в настоящее время именно сложные интеллектуальные подсистемы, несмотря на свои недостатки, являются перспективным средством обработки больших объёмов информации и ведения диалога с пользователем, что в ближайшие годы должно послужить причиной их ин-

тенсивного внедрения в системы проектирования и управления.

Библиографические ссылки

1. Матвеев Л.А. Компьютерная поддержка решений. СПб: Специальная литература, 1998. 472 с.
2. Дубов Ю.А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. М.: Наука, 1986. 296 с.
3. Люгер Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем. 4-е изд. / пер. с англ. Н.И. Галагана, К.Д. Протасовой. М.: Вильямс, 2003. 864 с.
4. Савельев С.В. Стадии эмбрионального развития мозга человека. М.: Веди, 2002. 112 с.
5. Чечкин А.В. Математическая информатика. М.: Наука, 1991. 416 с.
6. Звонов А.О., Янишевская А.Г. Разработка экспертной системы поддержки проектирования многослойных оболочек // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии (ИТСиТ-2012): материалы всерос. молодёжной конф. Кемерово, 2012. С. 99–100.

УДК 621.235.015

В.А. Васин, канд. техн. наук, Н.Г. Фатьянова,
Б.А. Трошин, Б.Н. Васичев, д-р физ.-мат. наук, С.В. Степанчиков, канд. техн. наук
(Московский институт электроники и математики)

vasichev@ya.ru, vacuumwa@ya.ru

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ

Рассмотрены особенности развития оборудования, необходимого для исследования и производства объектов нанотехнологий. Показано, что для обеспечения технологических операций по изготовлению объектов с наноразмерными элементами требуется разработка специального прецизионного электронного и ионного оборудования. На примере отечественных устройств проиллюстрирована техническая сложность и наукоёмкость такого рода работ. Отражены основные направления ведущихся и перспективных исследований.

Ключевые слова: надёжность, нанообъект, нанопроduct, нанотехнологии, микросистемная техника, специализированное электронно- и ионно-зондовое оборудование.

Development features of the equipment necessary for nanotechnologies objects research and production are considered. It is shown that technological operations ensuring for production of the objects with nanodimensional elements requires of the special precision electronic and ionic equipment. As an example of domestic facilities is illustrated technical complexity and science intensity of such works. The main directions of conducted and perspective researches are reflected.

Key words: reliability, nanoobject, nanoproduct, nanotechnologies, microsystem technics, specialized electronic and ion-probe equipment.

Для исследования и моделирования нанообъектов, а также реализации проектов по разработке и внедрению в производство нанотехнологий необхо-

димо соответствующее технологическое оборудование — принципиально новые наукоёмкие и высокотехнологичные приборы и устройства [1–4].

Наноструктуры представляют собой особый вид объектов, наблюдать которые можно только с помощью современных электронных микроскопов. Однако самые совершенные электронные микроскопы не приспособлены к участию в технологических процессах. Это лабораторные приборы. Разработчики нанопродуктов и нанотехнологий столкнулись с двумя очень сложными проблемами: наблюдать объекты с разрешающей способностью $0,1 \dots 0,01$ нм и манипулировать ими. Если первая проблема в настоящее время частично решается – имеется возможность рассмотреть объект, то к решению второй проблемы ещё не приступали. В качестве примера допустим, что мы уже можем получать наностерни и нановалы, но как их объединить в конструктивную пару? Этот вопрос пока остаётся без ответа. Чтобы понять сложность проблемы, рассмотрим несколько примеров по созданию техники для решения некоторых нанотехнологических задач.

Для обеспечения контрольно-измерительных операций нанобъектов необходима разработка специализированного электронно-зондового и фотоэлектронного оборудования, способного работать в течение длительного времени (двух смен непрерывно) благодаря высокой надёжности комплектующих изделий.

Для определения химического элементного состава группы атомов необходимо выполнять экспресс-анализ с высокой прицельностью и минимальной погрешностью. Это возможно только с помощью специализированного прибора, который смог бы одновременно визуализировать участок анализа с разрешающей способностью около $0,01$ нм, обладать высокой локальностью возбуждения (5 нм и менее) и высокой эффективностью регистрации характеристического рентгеновского спектра и его расшифровки (раздельной регистрации K_α и K_β -линий). Необходимо также изучать нанобъект с помощью высокоприцельной микроэлектроннографии для определения типа атомной решётки, осуществлять манипуляции этим объектом, не упуская его из поля зрения микроскопа, а также с минимальными погрешностями измерять геометрические размеры нанобъекта и его частей. Решение этой задачи требует разработки специализированного оборудования и развития методик и средств метрологии нанобъектов.

Современные электронные микроскопы, созданные многими фирмами, не могут ответить на самый важный вопрос, что за элементы видит учё-

ный. Оснащение их приставками для рентгеновского анализа не отвечает сформулированным требованиям ни по прицельности, ни по локальности анализа, ни по разрешающей способности рентгеновского спектрометра. Существующие рентгеновские микроанализаторы не отвечают новым требованиям по локальности и прицельности анализа, кроме того, они не позволяют наблюдать процесс анализа с разрешением $0,1$ нм.

Одним из примеров разработанного в нашей стране прецизионного электронно-лучевого оборудования является специализированный электронный микроскоп-микроанализатор (ЭММА), предназначенный для обеспечения элементного анализа нановключений и нанобъектов с прицельностью $0,1$ нм и чувствительностью анализа на все элементы таблицы Менделеева, с визуальным наблюдением процесса анализа при разрешающей способности $0,1$ нм, относительной погрешности анализа $10^{-9} \%$ и локальности анализа до $100,0$ нм (рис. 1).

Такие характеристики были достигнуты благодаря разработке и использованию:

- специальной электронно-зондовой системы формирования электронного пучка;
- малогабаритного высокоэффективного рентгеновского спектрометра волновой дисперсии;
- малогабаритных высокоэффективных рентгеновских детекторов энергетической дисперсии;
- специализированного прецизионного манипулятора нанобъектами;

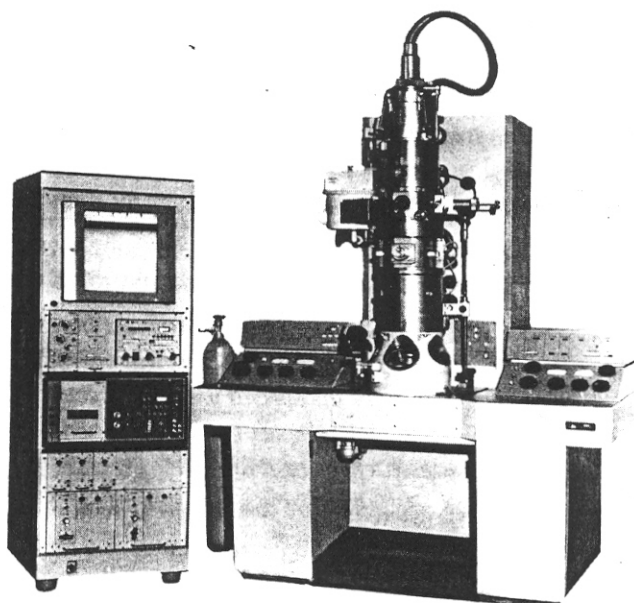


Рис. 1. Электронный микроскоп-микроанализатор "ЭММА"

многофункциональной системы получения электронного изображения и электронограмм во время анализа нанообъекта;

высокостабилизированной (до 106) системы питания с широким диапазоном изменения ускоряющего напряжения;

системы регистрации рентгеновских спектров.

С помощью этого прибора стало возможным анализировать мельчайшие включения и исследовать нанообъекты. Использование этого прибора позволило в кратчайшие сроки модернизировать ряд технологических процессов.

Специализированная электронно-зондовая система прибора "ЭММА", осуществляющая формирование электронного пучка, состоит из трёх электронных линз, обеспечивающих формирование тонкого электронного зонда для рентгеновского микроанализа и формирующих почти параллельный пучок для получения электронно-микроскопического изображения объекта без потери объекта, что позволяет сохранять высокую цельность анализа.

Малогабаритный высокоэффективный рентгеновский спектрометр высокой разрешающей способности осуществляет анализ, используя набор кристаллов-анализаторов и пропорциональный газовый счётчик.

Специализированный прецизионный манипулятор нанообъектами обеспечивает их перемещение по осям x и y и разворот на 180° при сохранении изображения объекта в поле зрения микроскопа.

Многофункциональная система позволяет осуществлять формирование электронного изображения нанообъекта или формирование электронограммы с того участка объекта, на который направлен электронный зонд.

Для расширения диапазона исследований нанообъектов разработан многоканальный микроанализатор "Спрут", обеспечивающий анализ нановключений в гетерогенных нанообъектах (рис. 2).

Электронный зонд может по желанию оператора изменять размер и форму при равномерной плотности потока электронов. Такой электронный зонд применяется впервые. Нанотрубки, волокна и другие протяженные объекты удобнее исследовать, имея возможность превращать электронный зонд в вытянутый прямоугольник. В этом случае важно, чтобы соблюдалась равномерность плотности потока электронов по всему сечению электронного зонда. Возможность изменять не только сечение пучка, но его конфигурацию позволило

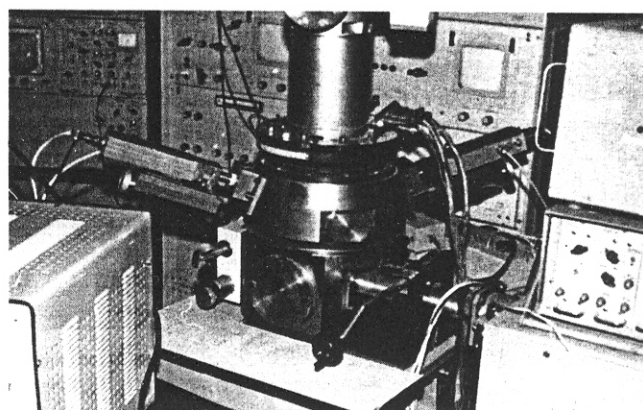


Рис. 2. Рентгеновский многоканальный микроанализатор нанообъектов "Спрут"

равномерно облучать именно тот участок, который интересует исследователя. Эта уникальная возможность позволила исключить облучение соседних участков, что приводило к погрешностям количественного анализа.

Была разработана электронно-оптическая система, обеспечивающая формирование электронного пучка с равномерной плотностью потока электронов и изменяемой геометрией сечения пучка. Этим электронно-оптическая система отличается от подобных систем всех известных электронных микроскопов и микроанализаторов.

Регистрация рентгеновского излучения ведётся с помощью нескольких спектрометров одновременно под разными углами и при изменяемых азимутальных положениях при неподвижном образце. Это, во-первых, позволяет получать спектры, с одних и тех же участков нанообъекта, но отличающихся за счёт влияния на них соседних, что упрощает процедуру расчёта такого влияния соседних атомов. Во-вторых, во время такого анализа объект остаётся неподвижным по отношению к электронно-оптической системе, что позволяет избежать искажения результатов анализа за счёт невозможности установить электронный зонд на то же самое место в существующих электронных микроскопах. В третьих, нет необходимости создавать сложное прецизионное устройство позиционирования нанообъекта. Высокая чувствительность и разрешающая сила спектрометров обеспечивает относительную чувствительность на все химические элементы не менее 10^{-9} %.

Современная растровая электронная микроскопия позволяет исследовать нанообъекты с разрешающей способностью до 5 нм и получать их изображение в отражённых (быстрых) и вторичных (медленных) электронах, а также в рентгеновских лучах и других вторичных излучениях.

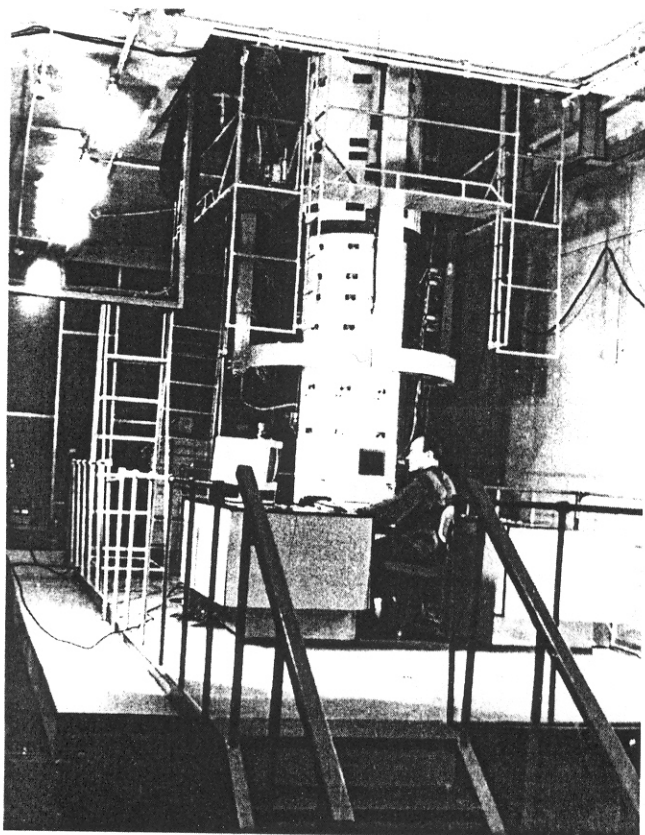


Рис. 3. Сверхвысоковольтный электронный микроскоп "СВЭМ" с энергией электронного пучка $5 \cdot 10^5 \dots 5 \cdot 10^6$ В

В нашей стране подобное оборудование разрабатывалось в Федеральном научном центре РФ «НПО "Орион"». Примером служит растровый электронный микроскоп "РЭМ-100-75" с рентгеновской приставкой для исследования образцов на содержание химических примесей. Он оснащён столиком объектов (манипулятором) с возможностью многоканального электрического подключения исследуемого полупроводникового объекта к системе анализа в режиме наведённого пучком тока его электрофизических характеристик.

Были разработаны измерительные растровые электронные микроскопы типа "РЭМ-И", обеспечивающие идентификацию изображения объекта с эталонным изображением, хранящимся в памяти ЭВМ, и осуществляющие автоматизированное измерение линейных размеров элементов исследуемого объекта.

Для выявления локальной неоднородности свойств фотоэмиссии в технологическом процессе разработан специализированный электронный фотоэмиссионный микроскоп "ФЭМ" с разрешающей способностью до 10 нм на тонких объектах.

Для того чтобы получить возможность изучения полупроводниковых и других конструкционных

материалов, работающих в условиях больших радиационных нагрузок, к 1990-м гг. был создан уникальный сверхвысоковольтный электронный микроскоп "СВЭМ". Это сложное сооружение, в создании которого принимало участие большое количество предприятий России и большой коллектив учёных, инженеров и рабочих. Для него было построено специальное здание в Москве, вмещающее в себя все вспомогательные устройства и научные лаборатории. Этот микроскоп обладает самым высоким в мире ускоряющим напряжением до $5 \cdot 10^6$ В (рис. 3, 4).

Электронная пушка сверхвысоковольтного электронного микроскопа "СВЭМ" обеспечивает непрерывную работу прибора за счёт автоматической смены катодов при выходе их из строя. В малогабаритном ускорителе прямого действия на 5 МВ в качестве изолирующей от электрических пробоев среды используется специальный изолирующий газ под давлением. Электронно-оптическая система состоит из электронных линз, способных фокусировать электронный пучок с энергией до 5 МэВ. Возбуждающие обмотки секционированы и охлаждаются проточной водой. Дистанционный манипулятор обеспечивает установку и перемещение ис-

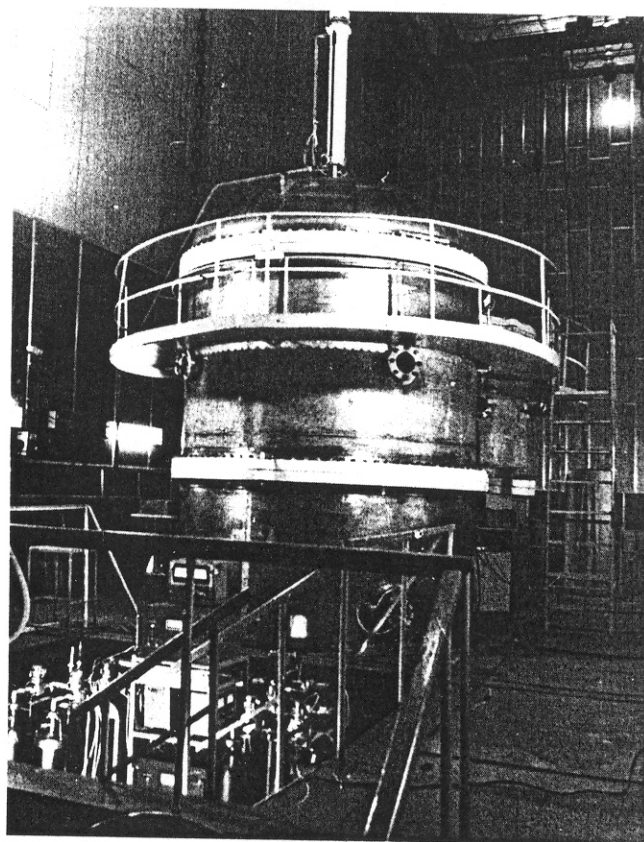


Рис. 4. Высоковольтный ускоритель электронов на $5 \cdot 10^6$ В сверхвысоковольтного микроскопа "СВЭМ"

следуемого объекта по осям x и y . Предусмотрена также пассивная защита электронно-оптической системы от вибраций здания и окружающей среды. Высокостабилизированное электропитание размещено в отдельных помещениях.

При создании сверхвысоковольтного электронного микроскопа преследовались такие задачи, как:

поднятие разрешающей способности, зависящей от ускоряющего напряжения (с увеличением последнего уменьшается длина волны электронов);

обеспечение большей проникающей способности электронов, что позволяет исследовать на просвет более толстые объекты по сравнению с электронными микроскопами на 100 кВ;

исследование процессов, происходящих в объекте при различной радиационной нагрузке, что важно при разработке технологии создания радиационно-стойких материалов и устройств.

Сегодня этот уникальный микроскоп законсервирован из-за недостаточного финансирования.

Обеспечение технологических операций по изготовлению объектов с наноразмерными элементами требует разработки специализированного прецизионного электронного и ионного оборудования.

Для того чтобы реализовать проект по изготовлению нанодиода и более сложного электронного наноприбора, а также приборов микросистемной техники, необходимо специальное оборудование, которое могло бы формировать наносхемы с минимальными линейными размерами менее 10 нм. Сегодня в технологии микроэлектронной промышленности минимальным размером является размер 100 нм. Для преодоления этого барьера в мире ведутся работы по созданию электронно-лучевого оборудования для электронной литографии — электронных литографов и др.

На рис. 5 представлен литограф отечественной разработки, который обеспечивает формирование минимального размера топологического слоя интегральной схемы 100 нм на поле 10×10 мм, на подложках диаметром до 300 мм. Это очень сложное устройство, в котором задействованы самые современные методы и материалы.

Электронно-зондовая система "ПЭЛ-1", осуществляющая формирование электронного пучка, содержит следующие основные элементы:

катод из гексаборида лантана с электроподогревом и стабилизацией температуры заостренного кончика катода;

систему охлаждения элементов электронной пушки, обеспечивающую её стабильную непрерывную работу в течение 8 ч;

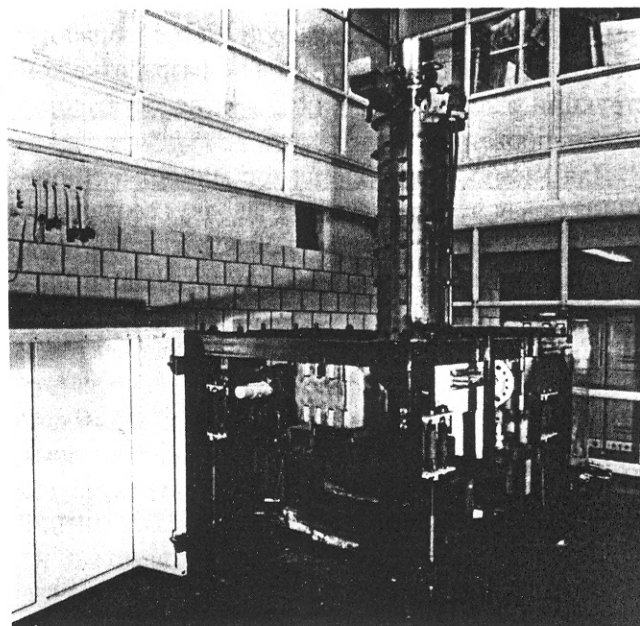


Рис. 5. Прецизионный электронный литограф "ПЭЛ-1"

двухъярусную электростатическую бланкирующую систему с круговой развёрткой пучка, позволяющую прерывать процесс экспонирования без размазывания;

быстродействующий блок прямоугольных диафрагм, формирующий пучок прямоугольного изменяемого сечения с быстродействующими системами магнитного отклонения пучка типа «белые колесо» (частота отклонения до 20 МГц);

объектив с системой динамической коррекции пучка, формирующего изображения на подложке;

полупроводниковые детекторы и сцинтилляционные парной симметрии детекторы для системы совмещения и определения координат и положения меток совмещения;

систему автоматического совмещения топологических слоёв интегральных схем, объединённую с полупроводниковыми детекторами, сцинтилляционными детекторами и лазерным интерферометром, контролирующим положение координатного стола;

электронно-оптическую проекционную систему для контроля и юстировки электронно-оптической системы экспонирования;

специализированный прецизионный быстродействующий манипулятор (координатный стол) с техническим зрением, осуществляемым методом сканирования электронного пучка, и совместно с ЭВМ осуществляющий требуемую ориентацию и положение объекта в технологической камере;

систему автоматизированного управления с помощью ЭВМ.

Ведутся работы по снижению его габаритных размеров и повышению производительности пу-

тём перехода на многолучевой метод обработки пластин. К сожалению, работы по разработке конструкции ведутся медленно из-за недостаточного финансирования.

Для микросварки элементов микроэлектроники (включая электрическую разводку) созданы установки мощностью от 5 до 50 кВт с диаметрами пучков от 1 до 10 мкм. При соответствующей доработке диаметр пучка может быть уменьшен до размеров, необходимых при сборке нанообъектов.

Многие технологические операции не могут быть осуществлены без ионно-плазменного оборудования, осуществляющего распыление вещества с осаждением тонких плёнок через маску и очистку подложек от посторонних примесей или загрязнений. Маску для формирования нанообъектов можно изготавливать только с помощью электронного пучка.

В настоящее время в России ведётся разработка миниатюрных устройств электронно-лучевой техники. Примером может служить миниатюрный растровый микроскоп с низким ускоряющим напряжением. Первые испытания позволили оценить разрешающую способность такого микроскопа, которая составляет на массивных объектах 10 нм, а на нанообъектах 5 нм. Низкое ускоряющее напряжение (500...100 В) позволяет значительно уменьшить радиационную нагрузку на исследуе-

мый объект. Малые габариты позволяют использовать этот прибор в полевых условиях.

Рассмотренные устройства, обеспечивающие высокую надёжность всего комплекса без потерь производительности за счёт высокой надёжности используемых элементов, представляют собой сложное, дорогостоящее и уникальное оборудование, создание которого невозможно без профессиональной подготовки разработчиков.

Библиографические ссылки

1. Васичев Б.Н., Фатьянова Г.И. Конструирование электронно-оптических систем микросистемной электронно-лучевой техники // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования РАН. 2006. № 9. С. 26–31.
2. Васичев Б.Н. Электронно-зондовый микроанализ тонких плёнок. М.: Металлургия, 1977. 240 с.
3. Васичев Б.Н. Электронно-лучевая обработка. Назначение и область применения. Основные явления в зоне действия электронного пучка. Методы. Выбор и расчёт параметров основных элементов оборудования // Энциклопедия "Технология, оборудование и системы управления в электронном машиностроении". Т. III. М.: Машиностроение, 2000. С. 57–79.
4. Васичев Б.Н., Фатьянова Г.И. Формирование потоков ионов при реактивном ионно-плазменном травлении в технологии микроэлектромеханических систем // Тр. инженерно-экономического факультета РЭА им. Г.В. Плеханова. Вып. 5. М.: изд-во Россельхозакадемии, 2006. С. 603–613.

УДК:621.744.37

А.С. Федоренко, д-р. техн. наук, проф., А.А. Ашрятов, канд. техн. наук, доц.,
М.В. Вдовин, канд. техн. наук, доц.

(Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск),

С.А. Микаева, д-р техн. наук, проф.

(Московский государственный университет приборостроения и информатики)

mikaeva@pechkin.npo.lit.ru

СВЕТОВЫЕ ПРИБОРЫ ПЕРЕМЕННОЙ ЦВЕТНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДОВ

Описаны новые световые приборы переменной цветности с использованием светодиодов. Приведены электрические характеристики и зависимости светового потока макетного образца светильника с рассеивателем и без него.

Ключевые слова: световой прибор, источник излучения, цвет, макетный образец.

The new variable coloration lights devices through the use of LED are described. The electrical behaviors and light flux dependences of the lamp prototype specimen with and without a diffuser are adduced.

Key words: light device, radiation source, color, prototype specimen.

В многочисленных публикациях по световым приборам (СП) описано большое количество светильников разнообразных форм, размеров, рас-

цветок и с различными спектрами излучения. Приобретение того или иного СП — дело вкуса пользователя. Кому-то нравятся лёгкие теплые то-

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ ЖУРНАЛА

АВТОМАТИЗАЦИЯ

И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Если Вы стремитесь:

повышать эффективность Вашего предприятия,
быть в курсе последних достижений в области автоматизации управленческих,
производственных и научно-исследовательских процессов,
регулярно узнавать о новых технологиях и лучших разработках ученых,

***НЕ ЗАБУДЬТЕ СВОЕВРЕМЕННО ПОДПИСАТЬСЯ
НА НАШ ЖУРНАЛ!***

**МЫ ВСЕГДА ДЕРЖИМ СВОИХ ЧИТАТЕЛЕЙ В КУРСЕ
САМОЙ АКТУАЛЬНОЙ, НОВОЙ
И ИНТЕРЕСНОЙ ИНФОРМАЦИИ!**

ПОДПИСНЫЕ ИНДЕКСЫ:

70537 – по каталогу «Роспечать»;
27838 – по каталогу «Пресса России»;
60267 – по каталогу «Почта России».

Издательство «МАШИНОСТРОЕНИЕ»
принимает подписку на 2013 г.
со скидкой 5 %

- Подпишитесь в Издательстве, и Вы**
- получите журналы с первого номера;
 - сэкономите на стоимости почтовой доставки;
 - узнаете о новых книгах и журналах Издательства

**По вопросам оформления подписки через издательство просим обращаться
в отдел продаж, маркетинга и рекламы:**

107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; (499) 269-48-97; e-mail: realiz@mashin.ru; www.mashin.ru