ТОЧНАЯ НАУКА

естественнонаучный журнал

Публикации для студентов, молодых ученых и научно-преподавательского состава на www.t-nauka.ru

ISSN 2500-1132 Издательский дом "Плутон" www.idpluton.ru

Выпуск №12

Кемерово 2017

17 июля 2017 г.

ББК Ч 214(2Рос-4Ке)73я431

ISSN 2500-1140
УДК 378.001

Кемерово

Журнал выпускается ежемесячно, публикует статьи по естественным наукам. Подробнее на www.t-nauka.ru

За точность приведенных сведений и содержание данных, не подлежащих открытой публикации, несут ответственность авторы.

Редкол.:

Никитин Павел Игоревич - главный редактор, ответственный за выпуск журнала.

Баянов Игорь Вадимович - математик, специалист по построению информационно-аналитических систем, ответственный за первичную модерацию, редактирование и рецензирование статей.

Артемасов Валерий Валерьевич - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Зимина Мария Игоревна - кандидат технических наук, ответственный за финальную модерацию и рецензирование статей.

Нормирзаев Абдукаюм Рахимбердиеви - кандидат технических наук, Наманганский инжинерно-строительный институт (НамМПИ)

Безуглов Александр Михайлович - доктор технических наук, профессор кафедры математики и математического моделирования, Южно-российский государственный политехнический университет (Новочеркасский политехнический институт) им. М.И .Платова,

Наджарян Микаел Товмасович - кандидат технических наук, доцент, Национальный политехнический университет Армении.

Шушлебин Игорь Михайлович - кандидат физико-математических наук, кафедра физики твёрдого тела Воронежского государственного технического университета.

Равшанов Дилшод Чоршанбиевич - кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Технология, машины и оборудования полиграфического производства», Таджикский технический университет имени академика М.С.Осими.

Крутякова Маргарита Викторовна – доцент кандидат технических наук, Московский политехнический университет.

Гладков Роман Викторович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации вооружения и военной техники Рязанского гвардейского высшего воздушно-десантного командного училища

А.О. Сергеева (ответственный администратор)[и др.];

Естественнонаучный журнал «Точная наука», входящий в состав «Издательского дома «Плутон», был создан с целью популяризации естественных наук. Мы рады приветствовать студентов, аспирантов, преподавателей и научных сотрудников. Надеемся подарить Вам множество полезной информации, вдохновить на новые научные исследования.

Издательский дом «Плутон» www.idpluton.ru e-mail: admin@idpluton.ru

Содержание

1. ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ…..4
Ерычев М.А.

2. СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НИЖНЕКАМСКА…….7
Ерычев М.А., Бурцева Е.А., Кожевникова И.В.

3. АНИМАЦИЯ ПОЗИЦИЙ ВЕРШИН 3D-МОДЕЛИ ГОЛОВЫ…..……...10
Бартеньев О.В., Титов Д.А.

4. МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ..……18
Усова А.М.

5. ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНИЙ СПЕКТРА ИСПУСКАНИЯ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА ПРИ РАСПЫЛЕНИИ МИШЕНИ ИЗ ТАНТАЛА В РЕАКТИВНОЙ СРЕДЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АЗОТ И КИСЛОРОД…..21
Денисов Д.В., Беляев Е.И., Кочетков Ф.М.

6. МЕТОДИКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ.....24
Беляев Е.И., Кочетков Ф.М., Денисов Д.В.

Ерычев Михаил Андреевич
Erychev Mikhail Andreevich
студент 2 курса, напр. «Химическая технология»,
Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»,
E-mail: erychev97@mail.ru

УДК 547-32

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

PECULIARITIES OF PHYSICO-CHEMICAL RESEARCH OF CARBONIC ACIDS

Аннотация: в работе изучены физические и химические свойства карбоновых кислот, а так же их способы получения и области применения. На основании полученной информации подобраны оптимальные методы их исследования.

Annotation: in the work the physical and chemical properties of carboxylic acids, as well as their production methods and fields of application, were studied. Based on the information received, the optimal methods for their investigation were selected.

Ключевые слова: карбоновые кислоты, свойства, способы получения, области применения, физико-химические методы анализа.

Keywords: carboxylic acids, properties, methods of preparation, fields of application, physicochemical methods of analysis.

Введение. Карбоновые кислоты – класс органических соединений, молекулы которых содержат одну или несколько функциональных карбоксильных групп (-COOH). Если вы не знакомы с органической химией и с особенностями карбоновых кислот в частности, то можете быть удивлены, насколько они незаменимы в нашей повседневной жизни. Карбоновые кислоты могут быть получены различными простыми и доступными способами, благодаря чему, мы не ощущаем недостатка во многих необходимых для жизни предметов. Можно перечислить множество примеров, приведем некоторые из них: карбоновые кислоты необходимы для получения промежуточных продуктов органического синтеза, а именно, кетенов, галогенангидридов, виниловых эфиров, галогенкислот. Соли карбоновых кислот и щелочных металлов применяют как мыла, эмульгаторы, смазочные масла; соли тяжелых металлов – сиккативы, инсектициды и фунгициды, катализаторы. Эфиры кислот – пищевые добавки, растворители; моно- и диэфиры гликолей и полигликолей пластификаторы, компоненты лаков и алкидных смол; эфиры целлюлозы – компоненты лаков и пластмассы. Амиды кислот – эмульгаторы и флотоагенты. А так же карбоновые кислоты незаменимы в медицине, в текстильной и металлургической промышленности и в сельском хозяйстве. [1]

Основной раздел. Карбоновые кислоты можно получить окислительными методами (окислением спиртов, альдегидов, алкинов, алкенов, алкилбензолов и других алкиларенов. Так же их получают гидролизом, карбоксилированием, синтезом ароматических кислот.

Для получения высококачественной карбоновой кислоты в промышленности, должен существовать аналитический контроль производства. Анализ продукта можно провести с помощью физико-химических методов, которые отличаются высокой чувствительностью и экспрессностью выполнения, дают возможность автоматизировать химико-аналитические определения и являются незаменимыми при анализе малых и ультрамалых количеств неорганических и органических веществ. Физико-химическим методам принадлежит ведущая роль в аналитическом контроле производства на больших предприятиях химической промышленности и, особенно в контроле производств, использующих в технологических процессах высокие температуры и давления, огнеопасные, ядовитые, взрывчатые и радиоактивные вещества [2]. Выбор физико-химического метода исследования для того или иного вещества основан на изучении строения и состава этого вещества, анализе индивидуальных, присущих только ему свойств.

Рассматривая физические свойства карбоновых кислот можно заметить, что насыщенные неразветвленные кислоты от C_1 до C_9, а также разветвленные до C_{13} по агрегатному состоянию – жидкости, причем, начиная с масляной кислоты ($C_4H_8O_2$), - вязкие жидкости. Кислоты C_1-C_3 имеют резкий запах, смешиваются с водой в любых соотношениях. С ростом цепи их растворимость в воде уменьшается. Высшие кислоты, начиная с C_{10} - твердые вещества, без запаха, не растворимые в воде. Сравнивая температуры плавления насыщенных кислот, можно заметить, что у четных гомологов они выше, чем у ближайших нечетных. Кислоты, по сравнению со спиртами и карбонильными соединениями с близкими молекулярными массами кипят и плавятся при более высоких температурах. Причиной этому является образование в жидком состоянии ассоциатов за счет водородных связей, для разрыва которых необходима дополнительная энергия. Что касается других кислот, то ненасыщенные кислоты, как правило, жидкости, хотя есть среди них и твердые вещества. Ароматические и двухосновные кислоты – бесцветные кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде. Их растворимость в воде, как и у других кислот, с увеличением углеродной цепи уменьшается. Что касается химических свойств, то они определяются карбоксильной группой, а так же связанной с ней углеводородной группой. Карбоновые кислоты относятся к слабым кислотам. Двухосновные насыщенные кислоты сильнее, чем одноосновные. Двойная связь так же способствует усилению кислотности – ненасыщенные кислоты сильнее насыщенных. [3]

Для исследования карбоновых кислот могут быть использованы такие методы физико-химического анализа как хроматография, хромато-масс-спектрометрия, кулонометрическое титрование, УФ-спектрофотометрия, фотометрический анализ с предварительным химическим превращением.

Определение карбоновых кислот хроматографическим методом анализа основано на переводе исходной кислоты в соответствующий эфир в результате этерификации бензилхлоридом в среде диметилформамида, с последующим газохроматографическим определением эфира на приборе с пламенно-ионизационным детектором. [4]

Определение карбоновых кислот в воде хромато-масс-спектрометрическим методом заключается в извлечении из подкисленной воды жидкостной экстракцией диэтиловым эфиром, упаривании растворителя до безводного органического масла, реэкстракции этанолом, хроматографическом разделении на капиллярной колонке, идентификации веществ по масс-спектрам и количественному определению по извлеченным ионам. [5]

Определение карбоновых кислот методом кулонометрического титрования заключается в электролитическом генерировании стандартного раствора для титрования в процессе самого титрования непосредственно в сосуде с анализируемым раствором. Концентрацию кислоты вычисляют по измеренному количеству электричества, прошедшего через раствор, на основе закона Фарадея. [6]

Определение карбоновых кислот и их производных методом спектрофотометрического титрования в ультрафиолетовой области спектра основано на последовательном изменении светопоглощения раствора в процессе титрования вследствие различия в спектрах поглощения молекулярной и ионной форм соединений. Кривую титрования строят в координатах оптическая плотность раствора – объем добавленного титранта. Точку эквивалентности определяют по излому на кривой титрования. [7]

Определение суммы одноосновных карбоновых кислот в воздухе производственных помещений фотометрическим методом основано на переведении карбоновых кислот в метиловые эфиры, взаимодействии последних с гидроксиламином и хлорным железом с образованием окрашенного гидроксамового комплекса и фотометрировании раствора при длине волны 490 нм в кюветах с толщиной слоя 10 мм относительно контроля. Содержание кислоты в анализируемом объеме пробы определяют по калибровочному графику. [8]

Заключение. Таким образом, на основании проведенного исследования выяснено, что карбоновые кислоты незаменимы в медицине, в текстильной и металлургической промышленности и в сельском хозяйстве, а также необходимы для получения промежуточных продуктов органического синтеза. Установлено, что физические свойства карбоновых кислот полностью зависят от их строения, а химические свойства определяются карбоксильной группой, а так же связанной с ней углеводородной группой. На основании полученной информации подобраны оптимальные методы их исследования.

Библиографический список:

1. Исмаилова С.А. Большая школьная энциклопедия. Т.1. Естественные науки. – М.: Русское энциклопедическое товарищество, 2003. – 704 с.

2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 ч. Часть 2. Физико-химические методы анализа. – М.: Высш. школа, 1989 – 384 с.

3. Литвинова С.А. Органическая химия. Весь школьный курс в таблица. – Минск: Кузьма, 2013. – 7-е изд. – 384 с.

4. Жуков А.Ф. Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа: учеб. для вузов. – М.: Химия, 2001. – 496 с.

5. Методические указания МУК 4.1.738-99. Хромато-масс-спектрометрическое определение фталатов и органических кислот в воде. – М.: Федеральный центр Госманэпидемнадзора Минздрава России, 1999.

6. Сиггиа С. Инструментальные методы определения функциональных групп органических соединений. – М.: Мир, 1974. – 468 с.: ил.

7. Крешков А. П. Основы аналитической химии. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. – М.: Химия, 1970 – 472 с.

8. Методические указания по измерению концентраций вредных веществ в воздухе / Сборник методических указаний. – М.: ЦРИА Морфлот, 1981. – 252 с.

Ерычев Михаил Андреевич
Erychev Mikhail Andreevich
студент 2 курса, напр. «Химическая технология»
Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»
E-mail: erychev97@mail.ru

Бурцева Екатерина Александровна
Burtseva Ekaterina Aleksandrovna
студент 3 курса, напр. «Химическая технология»
Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»
E-mail: zagadochnyye@bk.ru

Кожевникова Ирина Владимировна
Kozhevnikova Irina Vladimirovna
к.т.н., доцент
Нижнекамский химико-технологический институт
(филиал) ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский технологический университет»
E-mail: ira-kova@yandex.ru

УДК 632.15

СНЕЖНЫЙ ПОКРОВ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА НИЖНЕКАМСКА

SNOW COVER AS THE INDEX OF POLLUTION OF THE ENVIRONMENT ON THE EXAMPLE OF THE CITY OF NIZHNEKAMSK

Аннотация: работа посвящена проблеме экологического состояния города Нижнекамска. Загрязнение окружающей среды охарактеризовано по результатам исследования химического состава снежного покрова. Определены показатели мутности, цветности, водородного показателя, содержание ионов сульфата, хрома и железа.

Abstract: the work is devoted to the problem of ecological condition of the city of Nizhnekamsk. The pollution of the environment is characterized by the results of a study of the chemical composition of the snow cover. The indicators of turbidity, chromaticity, hydrogen index, content of sulfate, chromium and iron ions are determined.

Ключевые слова: снег, исследование фильтрата, загрязнение окружающей среды, нефтехимическая промышленность.

Keywords: Snow, filtrate research, environmental pollution, petrochemical industry.

Введение. Проблема экологии в наше время является одной из самых острых. Обострение антропогенных нагрузок на природу требует оценки негативных последствий, которые возникают в результате изменений состояния окружающей среды.

Экологическую обстановку территорий, с устойчивым на протяжении длительного периода снежным покровом, можно охарактеризовать по результатам исследования снега, как объекта мониторинга загрязнения атмосферы. Снежный покров содержит загрязнения, поступившие в него в процессе образования и выпадения снежинок, а также в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы. Химический анализ снежного фильтрата позволяет определить загрязнения, накапливающиеся в течение всего зимнего периода. В литературе имеется большое количество данных по исследованиям, проводимым в этом направлении [1-4].

Основной раздел. Цель работы заключалась в исследовании химического состава снежного покрова в различных функциональных зонах Нижнекамска и выявлении зависимостей между наличием загрязняющих веществ и уровнем техногенного воздействия.

В период, предшествующий снеготаянию, 25.03.2017 г. были отобраны 10 проб снега в различных функциональных зонах города с разной степенью техногенного воздействия. Места отбора проб отмечены на карте (рисунок 1). Основными точками отбора проб были выбраны городские парки, лес, который находится в черте города, где предполагалось наименьшее содержание загрязняющих веществ, а также территории находящиеся в непосредственной близости к производственным площадкам. Отбор проб проводился согласно ГОСТ 17.1.5.05-85 с помощью трубки из полимерного материала с участка площадью около 0,1 $м^2$ по всей глубине, при этом с поверхности удалялся мусор (листья, ветки и др.), а также исключалось попадание в образец частиц почвы.

Оттаивание проб снега проводилось при комнатной температуре с последующим фильтрованием с целью удаления механических примесей. В полученном фильтрате определялись следующие показатели: кислотность среды (pH), цветность, мутность, электропроводность, общая жесткость, содержание сульфат-иона, содержание общего хрома и общего железа. Кислотность среды (pH) определялась потенциометрическим методом с помощью титратора Titroline Easy. Мутность определена с помощью лабораторного измерителя мутности TURB 550 IR. Цветность фильтратов определялась фотометрическим методом (ГОСТ 3351-74).

Удельная электропроводность измерена кондуктометром АНИОН 4100. Определение общей жесткости выполнено с использованием комплексонометрического титрования. Измерения массовой концентрации сульфат-иона проведены турбидиметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2.159-2000). Массовая концентрация общего хрома и железа определена фотометрическим методом согласно ГОСТ 52962-2008 и ГОСТ 4011-72.

Исследование фильтратов отобранных снежных проб на установление массовой концентрации общего хрома не выявило его содержание ни в одном из образцов. Общая жесткость для всех исследуемых проб снежных фильтратов составила 0,25 ^{0}Ж. Это указывает на очень низкое содержание солей кальция и магния, что и характерно для конденсата. Результаты остальных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика образцов фильтрата снежного покрова

Место отбора пробы	pH	Цвет-ность, градус	Мут-ность, NTU	Удельная электропро-водность, мкСм/см	Массовая кон-центрация, мг/дм^3	
					сульфат-иона	общего железа
1	6,4	8,33	1,82	25,0	1,20	0,56
2	6,7	9,36	2,80	21,4	3,33	0,40
3	6,8	6,27	1,28	20,4	5,82	0,41
4	6,8	12,44	3,48	16,2	3,69	0,50
5	6,7	6,27	1,80	17,1	4,75	0,46
6	6,8	8,32	2,78	30,9	12,55	0,44
7	6,9	19,64	5,97	22,7	10,78	0,59
8	6,8	43,28	16,9	27,3	11,84	0,88
9	7,0	90,58	29,4	34,2	10,42	1,23
10	6,9	16,55	3,02	26,1	4,04	0,79

Чистый снег характеризуется слабокислой средой и имеет водородный показатель, равный 5,6, что связано с присутствием в воздухе диоксида углерода, который способен образовывать угольную кислоту и подкислять тем самым атмосферные осадки. Оксиды азота, сернистый газ,

диоксид серы и другие соединения с кислотными свойствами, при высоких концентрациях в атмосферном воздухе, подкисляют снежный покров, водородный показатель в этом случае будет ниже 5,6 (снег кислый). Загрязнение снега оксидами металлов, автомобильными выхлопами будет увеличивать водородный показатель, и снег будет нейтральным или слабощелочным [3]. Все исследуемые пробы характеризуются нейтральной средой (таблица 1). При этом, как и предполагалось, значения pH проб, отобранных в лесу и в городских парках, наиболее близки к показателю pH чистого снега. Некоторое увеличение этого показателя, скорее всего, определяется степенью близости точки отбора к автомобильной дороге. Образцы, отобранные на территории промышленной зоны, характеризуются более высокими значениями водородного показателя, что обусловлено повышенным содержанием в снеге твердых частиц, сажи, которые являются компонентами автомобильных выхлопов и промышленных выбросов.

Показатели цветности отобранных проб закономерно хорошо коррелирует со значениями мутности. На основании полученных данных можно сказать, что наиболее высокие значения показателей цветности и мутности наблюдаются для фильтратов снежного покрова с территорий, находящихся в непосредственной близости к АО «Нижнекамсктехуглерод» и ПАО «Нижнекамскшина». Это говорит о содержании в них большего количества взвешенных веществ органического и минерального происхождения, нежели в других образцах.

На электропроводность снеговой воды большое влияние оказывает степень минерализации, которая определяется концентрацией растворенных минеральных солей, и температура. Таким образом, оценив величину электропроводности снеговой воды, можно сделать вывод о её минерализации. В образцах фильтратов исследуемых проб снега измеренные значения удельной электропроводности колеблются в пределах 16,2-34,2 мкСм/см. Максимальные значения удельной электропроводности обнаружены для образцов с территорий вблизи ПАО «Нижнекамскнефтехим» и ПАО «Нижнекамскшина», что указывает на большие содержания в них растворенных минеральных солей. Это предположение подтверждается также результатами анализа по определению массовой концентрации сульфат-иона, максимальное значение которого (1,23 мг/дм^3) установлено для пробы снега, отобранного около ПАО «Нижнекамскшина».

В результате исследования было выявлено, что содержание железа в анализируемых пробах колеблется от 0,40 до 1,21 мг/дм^3, при этом максимальные его значения наблюдаются у проб с промышленной зоны. Самый высокий уровень содержания железа обнаружен в пробе, взятой вблизи ПАО «Нижнекамскшина». Это вероятно связано с выбросами вредных примесей с завода.

Заключение. Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ химического состава 10 проб снежного покрова в различных функциональных зонах города Нижнекамска с разной степенью техногенного воздействия;
2. Показано, что снежный покров в зонах отдыха горожан характеризуется меньшим количеством загрязняющих веществ;
3. Показатели мутности, цветности, наличия сульфат-ионов и железа позволили сделать вывод о наличии антропогенного воздействия на окружающую среду нашего города.

Библиографический список:

1. Соловьева Н.Е. Исследование талой воды (снега) как показатель загрязнения атмосферы урбанизированной среды // Молодой ученый. – 2015. – №14. – С. 668-672.

2. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 182 с.

3. Роговенко Е.С. Экологический контроль антропогенного загрязнения снегового покрова одного из промышленных районов г. Красноярска // Журнал Сибирского федерального университета. Серия : Химия. – 2010. – Т.3. – № 4. – С. 387-394.

4. Китайкина М.Н.Методика отбора и анализа проб снега в городе Ханты-Мансийске // Северный регион: наука, образование, культура. – 2015. – Т.2. – № 2. – С. 221-224.

Бартеньев Олег Васильевич
Bartenyev Oleg Vasilyevich
к.т.н., доцент
Кафедра «Прикладная математика» НИУ МЭИ, Москва, Россия
E-mail: mdf4@mail.ru
Титов Дмитрий Алексеевич
Titov Dmitry Alekseevich
студент, гр. А-13-14
Кафедра «Прикладная математика» НИУ МЭИ, Москва, Россия
E-mail: dimnrtyu@mail.ru

УДК 004.94

АНИМАЦИЯ ПОЗИЦИЙ ВЕРШИН 3D-МОДЕЛИ ГОЛОВЫ

HEAD 3D-MODEL VERTEX POSITIONS ANIMATION

Аннотация: рассмотрены полигональная модель головы и объекты и модификаторы, позволяющие выполнять анимацию позиций вершин этой модели. В качестве таковых используются кости (bones) и модификаторы Skin (кожа), Morpher и Linked_XForm. Перемещение костей осуществляется при помощи введенного в сцену управляющего объекта.

Abstract: considered polygon head model and objects and modifiers that allow to perform vertex positions animation of the model. Used modifiers: Skin, Morpher и Linked_XForm. The movement of the bones is performed by means of manager object introduced in the scene.

Ключевые слова: полигональная модель, анимация, модификаторы 3ds Max.

Key words: polygonal model, animation, 3ds Max modifiers.

Решаемые задачи

Анимация позиций вершин 3d-модели головы персонажа выполняется в результате решения следующих задач:

1. Создать полигональную модель головы персонажа.
2. Ввести кости и, употребив модификатор Skin, ассоциировать с ними соответствующие вершины модели головы.
3. Разработать модель управляющего объекта (контроллера).
4. Связать управляющий объект с костями.
5. Выполнить анимацию, привлекая управляющий объект
6. Реализовать морфинг-анимацию как вариант управления моделью головы.
7. Рассмотреть модификатор Linked_XForm как средство анимации движения компонентов модели головы.

Задачи решаются на платформе Autodesk 3ds Max с употреблением языка программирования MAXScript.

Полигональная модель

Используется приведенная на рис. 1 полигональная моделью половины головы. Модель генерируется MAXScript-программой, приведенной в [2].

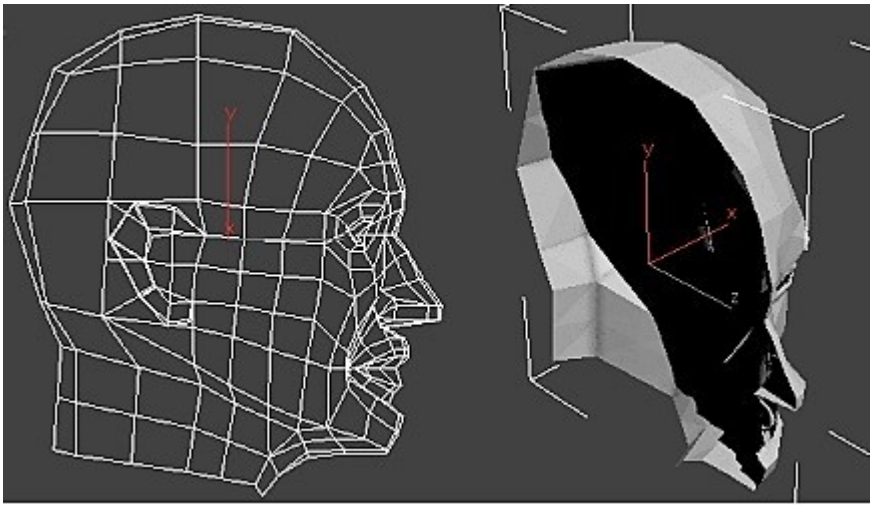


Рис. 1. Полигональная модель головы

Модель содержит 200 полигонов.

Подготовка модели к анимации

Модель – это единое целое, поэтому при перемещении части ее компонентов (полигонов, вершин, ребер) они будут увлекать за собой соседствующие с ними компоненты модели. Чтобы нарушить взаимосвязь губ, создадим между ними разрез.

Преобразуем модель в EditablePoly, перейдем на подуровень Polygon. Выделим полигоны нижней губы и применим к ним трижды модификатора Tessellate, выполняющий дробление полигонов (рис. 2, а).

Рис. 2. Модель губ:
а – после применения Tessellate; б – между губами создан разрез

Создадим разрез между губами: выделим и удалим верхний ряд полигонов нижней губы. На рис. 2, б они показаны синим цветом.

Дробление полигонов имеет и другое назначение: моделирование мимики губ будет более точным при большем числе полигонов.

Возвратимся на нулевой подуровень EditablePoly и употребим для получения модели всей головы модификатор Symmetry (рис. 3).

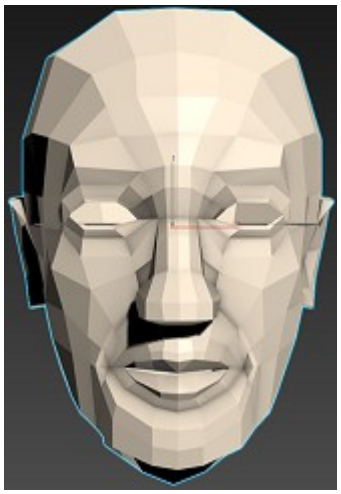


Рис. 3. Применен модификатор Symmetry

Описанные выше действия можно автоматизировать, выполнив следующий код (здесь и далее hd – это идентификатор полигональной модели головы):

```
select hd -- Выбираем модель половины головы
subobjectLevel = 4
hd.SetSelection #Face #{53..54, 57} -- Выделяем полигоны нижней губы
for k = 1 to 3 do hd.tessellate #Face
-- Формируем разрез между губами, удаляя выбранные полигоны
hd.SetSelection #Face #{198, 201, 210..211, 230..231, 234, 237, 246, 249, 258..259, 294..295, 298, 301, 310, 313, 322..323, 358..359, 362, 365}
hd.delete #Face
subobjectLevel = 0
sym = Symmetry() -- Добавляем в модель вторую половину головы
addModifier hd sym
convertToPoly hd -- Преобразование в EditablePoly
```

Кости Bones и кожа Skin

Создаем кости шеи, головы и челюсти (рис. 4).

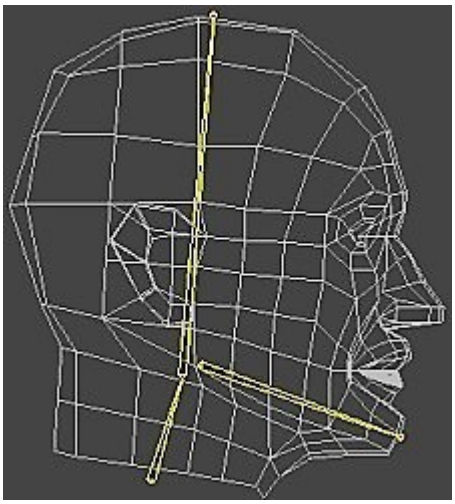


Рис. 4. Кости шеи, головы и челюсти

Для этого исполним следующий код (выбран вид слева):

```
-- Кость шеи
b1 = boneSys.createBone [0, 42.3, -131.6] [0, 25, -75] [0, 0, 1]
-- Кости головы
b2 = boneSys.createBone [0, 25, -75] [0, 8, 120] [0, 0, 1]
b3 = boneSys.createBone [0, 8, 120] [0, 8, 124] [0, 0, 1]
b3.parent = b2
-- Кости челюсти
b4 = boneSys.createBone [0, 16.5, -67] [0,-91.5, -105.9] [0, 0, 1]
b5 = boneSys.createBone [0, -91.5, -105.9] [0, -94, -107] [0, 0, 1]
b5.parent = b4
#(b1, b2, b3, b4, b5).wireColor = yellow -- Кости желтым цветом
```

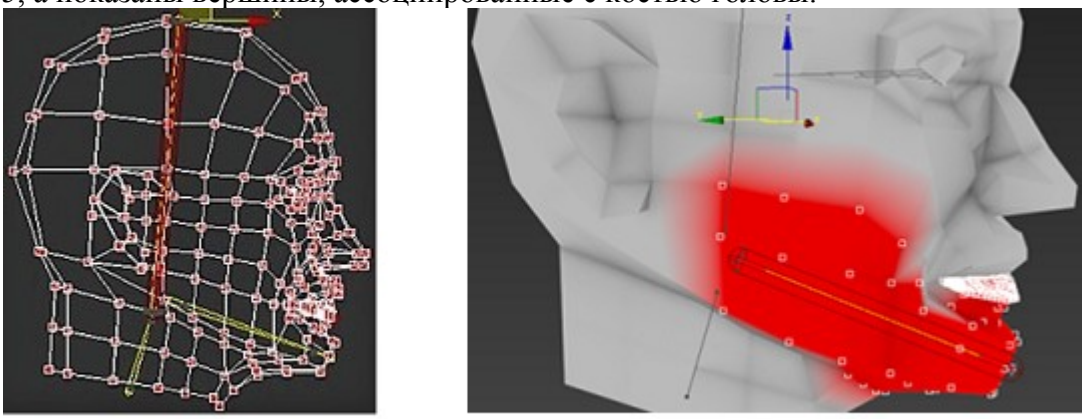
Сустав между шейной и головной костями должен находиться примерно в месте последнего шейного позвонка. Сустав челюсти расположен чуть выше шейного позвонка.

Кости головы и шеи непосредственно в анимации не участвуют, но нужны для вертикальной фиксации модели головы при движении кости челюсти.

Употребим модификатор Skin, поместив в него три кости: шеи (b1), головы (b2) и челюсти (b4). Перейдем на подуровень Envelope и активизируем все фильтры:

```
max modify mode
```

select hd -- Выбираем модель головы
skn = Skin()
addModifier hd skn
skinOps.addBone skn b1 1
skinOps.addBone skn b2 1
skinOps.addBone skn b4 1
subobjectLevel = 1 -- Переходим на подуровень Envelope
-- Активизируем фильтры вершин, оболочки и сечений
skn.filter_vertices = on
skn.filter_envelopes = on
skn.filter_cross_sections = on
Выбираем кость головы и выделяем все вершины модели:
skinOps.SelectBone skn 2 -- Кость головы (b2)
skinOps.SelectVertices skn#{1..hd.verts.count}
skinOps.setWeight skn 1 -- Устанавливаем вес вершин, равным 1
На рис. 5, а показаны вершины, ассоциированные с костью головы.



а *б*

Рис. 5. Оболочки костей: а – головы; б – челюсти

Ассоциируем с костью челюсти вершины подбородка и щек (рис. 5, б).

skinOps.SelectBone skn 3 -- Кость челюсти (b4) третья в списке костей

skinOps.SelectVertices skn #{5, 6, 11, 41, 59..65, 113..115, 116, 117, 118, 119, 127..132, 142..143, 150..151, 155, 158, 171..175, 201..202, 204..205, 207..211, 213..214, 215..219, 222..229, 232..239, 241..251, 253..255, 256..262, 264..274, 276, 277, 279..281, 283..292, 294..311, 313, 314, 316..317, 319..327, 329..345, 347..348, 350..359, 360..375, 376..395, 408..411,416, 418..419, 486, 509..537, 580..592, 604..605, 609, 612, 615..616, 634..784}

skinOps.setWeight skn 1 -- Устанавливаем вес вершин, равным 1

Теперь вершины кости b4 при ее перемещении будут следовать ее движениям.

Вращение кости b4 относительно ее основания можно выполнить, перемещая кость b5 (рис. 6), которая является дочерним объектом b4.

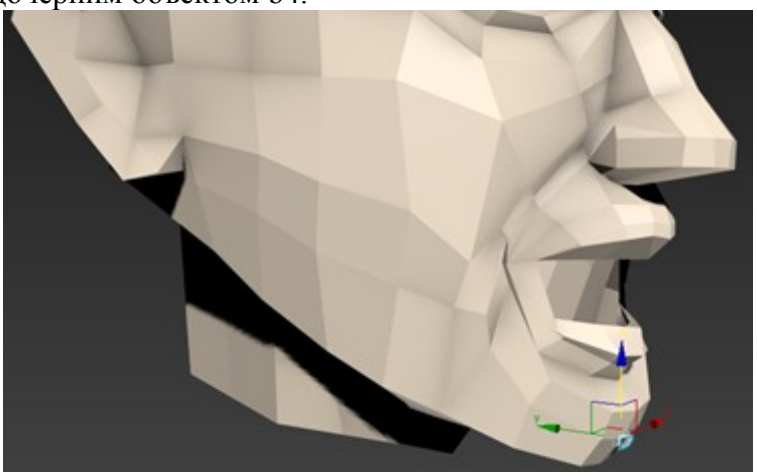


Рис. 6. Выполнен сдвиг вниз кости b5 (b5.parent = b4)

Введем для управления костью b4 и соответственно связанными с ней вершинами специальный объект.

Управляющий объект

Идея управляющего объекта (УО) взята из [3]. УО – это окружность, она может быть перемещена за пределы содержащего ее прямоугольника. Окружность иерархически подчинена прямоугольнику (cir.parent = rec), и используется как рукоятка контролера.

Перемещение окружности ограничено сторонами прямоугольника, что обеспечивает скрипт-контроллер на позицию центра окружности:

```
function mkCntrllr txt mv = (
local cir
--viewport.ActiveViewport = 2
--viewport.SetType #view_front
rec = rectangle length:50 width:50 wireColor:blue displayRenderMesh:true
cir = circle radius:2 wireColor:red
cir.parent = rec
setTransformLockFlags cir #{3..9} -- Нельзя вращать объект cir
-- Вводим для наглядности текст Control
conName = text text:txt size:8 wireColor:[0, 150, 0] pos:[0, 27.5, 0] alignment:2
conName.parent = rec
setTransformLockFlags conName #{1..9}
rec.rotation.x_rotation = 90
-- Перемещаем прямоугольник в зону видимости
select rec
move rec mv
-- Контроллер position_script(), не позволяющий окружности
-- покинуть прямоугольник, помещаем в список position_list()
listCon = cir.pos.controller = position_list()
scCon = listCon.available.controller = position_script()
-- Формируем атрибуты контроллера
def = attributes clamp (
	parameters clampP (
		L type:#float
		w type:#float
		xc type:#float
		yc type:#float
	)
)
custAttributes.add scCon def
-- Во всех случаях употребляем контроллер bezier_float()
scCon.L.controller = rec.length.controller = bezier_float()
scCon.L = 40
scCon.w.controller = rec.width.controller = bezier_float()
scCon.w = 40
scCon.xc.controller = listCon[1].x_position.controller = bezier_float()
scCon.yc.controller = listCon[1].y_position.controller = bezier_float()
script = "x = 0
	y = 0
	w = 0.5 * this.w
	L = 0.5 * this.L
	if this.xc > w do (x = -this.xc + w; this.xc = w)
	if this.xc < -w do (x = -this.xc - w; this.xc = -w)
	if this.yc > L do (y = -this.yc + L; this.yc = L)
```

```
        if this.yc < -L do (y = -this.yc - L; this.yc = -L)
        [x, y, 0]"
scCon.script = script
cir
)
cir = mkCntrllr "Control 1" [-125, 0, -56] -- Создаем УО
select cir
```

Введенный УО показан на рис. 7.

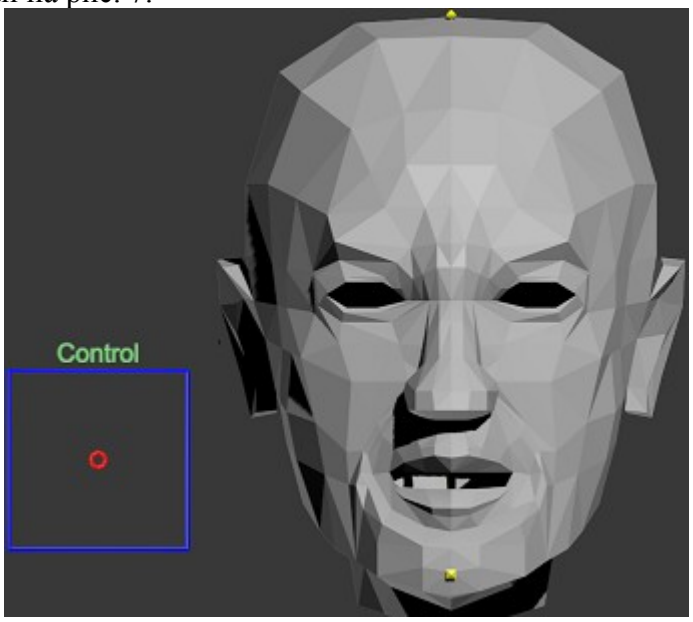


Рис. 7. УО (окружность) не может покинуть синий прямоугольник

Привязка кости челюсти к управляющему объекту

Привязка контроллера осуществляется при помощи объекта paramWire.

Перед тем как выполнить привязку, кость нужно подготовить, так как при привязке кость может получить существенное смещение. Чтобы избежать смещения, употребим List-контроллер. Он позволяет объединить в списке несколько контроллеров, и каждый последующий контроллер в списке будет потомком по отношению к предыдущему.

```
-- Привязка кости челюсти к УО
select b4 -- Кость челюсти
b4.rotation.controller = rotation_list()
RC = b4.rotation.controller
-- Добавим в список контроллер EulerXYZ
RC.Available.controller = Euler_XYZ()
-- Теперь в списке два контроллера Euler XYZ
RC.SetName 2 "abc" -- Переименуем добавленный контроллер
-- Выполняем привязку кости к контроллеру
select cir
PC = cir.pos.controller
-- Перемещение окружности по X влечет поворот кости вокруг оси Z
paramWire.connect PC.Position_XYZ.controller[#X_Position] RC.abc.controller[#Z_Rotation]
"X_Position * 0.01"
-- Перемещение окружности по Y влечет поворот кости вокруг оси Y
paramWire.connect PC.Position_XYZ.controller[#Y_Position] RC.abc.controller[#Y_Rotation] "-
Y_Position * 0.01"
```

Таким образом, сдвиг окружности на:

- dx приводит к повороту кости b4 и, следовательно, челюсти вокруг локальной оси Z на угол 0.01 * dx.

- dy приводит к повороту кости b4 и, следовательно, челюсти вокруг локальной оси Y на угол -0.01 * dy.

Положительный угол задает поворот против часовой.

Соответствие между движениями окружности (контроллера) и поворотами кости иллюстрирует рис. 8.

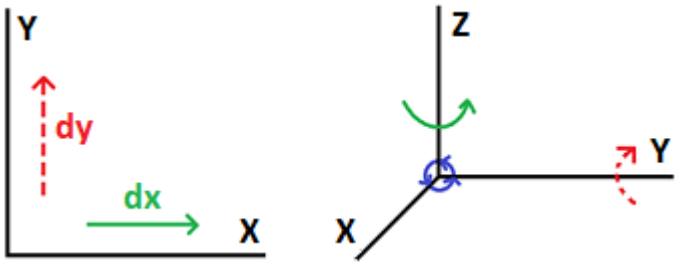


Рис. 8. Сдвигая УО (окружность), вращаем кость b4

Создание и привязка морф-цели для губ

Движение верхней губы осуществим, модификатор Morpher. Создадим копию модели головы, в которой удалим все модификаторы оригинала. Далее выделим полигоны верхней губы и перемести их вверх (рис. 9).

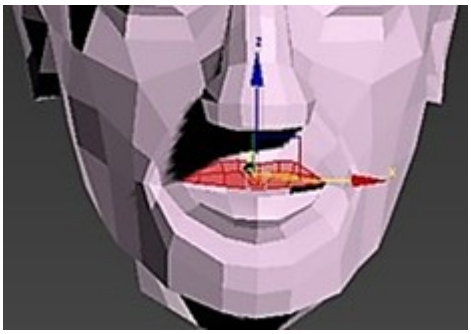


Рис. 9. В копии модели головы перемещены полигоны верхней губы

Это обеспечит следующий код:

```
hdCopy =copy(hd) -- hdCopy - морф-цель для верхней губы
move hdCopy [350, 0, 0]
select hdCopy
deleteModifier hdCopy 1 -- Удаляет в копии все модификаторы оригинала
subobjectLevel = 4
hdCopy.EditablePoly.SetSelection #Face #{34..35, 39..44, 383..384, 388..393}
move hdCopy.selectedFaces [0, 0, 3]
```

Добавляем к исходному объект и модификатор Morpher, а в качестве морф-цели указываем копию головы:

```
select hd -- Выбираем модель головы
mrph = Morpher()
addModifier hd mrph
WM3_MC_BuildFromNode mrph 1 hdCopy -- Морф-цель
```

Модель готова к анимации. Варианты программирования модификатора Morpher его анимации рассмотрены в [1, 221].

Употребление модификатора Linked_XForm

Анимацию выбранных полигонов, например верхней губы, можно выполнить, применив модификатор Linked_XForm. Продемонстрируем его действие на копии модели головы:

```
select hdCopy
subobjectLevel = 4
-- Выбираем полигоны верхней губы
hdCopy.EditablePoly.SetSelection #Face #{34..35, 39..44, 383..384, 388..393}
LXF = Linked_XForm()
modPanel.addModToSelection LXF
```

```
-- Управляющий объект модификатора Linked_XForm
dm = dummy pos: [500, 0, -56]
LXF.control = dm
animate on (
at time 35 move dm [0, 0, -10]
at time 70 move cir [0, 0, 20]
at time 100 move cir [0, 0, -10]
)
playAnimation()
```

Верхняя губа перемещается вслед за объектом dummy.

Заключение

Рассмотрены варианты анимации движения челюсти и губ модели головы персонажа. Анимация движения головы, мимики лица и речи потребует усложнения модели и, возможно, поиск других решений.

На текущем этапе очевидно следующее:

- Целевое использование костей позволяет приводить в движение отдельные части модели (губы, веки, брови и др.).
- Морфинг при наличии подходящих морф-целей позволяет воспроизводить эмоции.
- Альтернативой костям является модификатор Linked_XForm.

Сочетая эти технологии, можно решать задачу воспроизведения речи и сопутствующих эмоций.

Библиографический список:

1. Бартеньев О. В. Программирование модификаторов 3ds Max. Учебно-справочное пособие. – М.:Физматкнига, 2009. – 341 с.
2. Бартеньев О. В., Титов Д. А. Создание 3d-модели головы персонажа и воспроизведение по слогам простых слов. 100 байт. 2010. 24 янв. http://100byte.ru/mxscrptxmpls/fc/fc.html. 07.07.2017.
3. Поклонов Максим. Анимация мимики по принципу «Blended Morph». render.ru. 1999. http://render.ru/books/show_book.php?book_id=792&com_start=40. 07.07.2017.

Усова Анастасия Михайловна
Usova Anastasia Mihaylovna
Студент бакалавр ЧелГУ
кафедра «Физика конденсированного состояния твердого тела»
E-mail: nati.1994@mail.ru

УДК 621.3.049.774.3

МЕТОД ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

METHOD OF MANUFACTURE OF SUB-PIECES FOR INTEGRATED MICROCIRCUITS

Аннотация: В статье описана проблема создания интегральных микросхем и приведён один из методов изготовления основы под схемы, используемый в современном мире. А так же изучены прогнозы дальнейшего развития технологии производства интегральных схем и действие Закона Мура.

Abstract: The article describes the problem of creating integrated circuits and provides one of the methods for making the basis for the schemes used in the modern world. And also the forecasts of the further development of the technology of production of integrated circuits and the operation of Moore's Law have been studied.

Ключевые слова: Интегральная схема, закон Мура, подложка, кристалл, легирование, транзистор, технология, фоторезист.

Key words: Integral circuit, Moore's law, substrate, crystal, alloying, transistor, technology, photoresist.

В современном мире сложно представить человека, который не пользуется электронными устройствами. И с каждым годом мощность этих устройств увеличивается, а их размеры уменьшаются. К примеру, если первые компьютеры (1949 г. - EDSAC) [1] занимали комнату площадью двадцать квадратных метров и весили примерно 27 тонн, то сегодня девайс с таким же набором решаемых задач может поместиться в руку и весить всего 200 грамм. Что ожидает человечество в будущем?

В 60-х годах 20-го века Гордон Эрл Мур, основатель Intel, заметил некую закономерность, которая стала именоваться «Закон Мура». Согласно этому закону количество транзисторов, расположенных на кристалле интегральной схемы, должно увеличиваться вдвое каждые два года. Такое толкование закона появилось спустя 10 лет после первой гипотезы, что увеличение будет происходить каждые 12 месяцев. Гордон сам скорректировал свой прогноз. [2]

Хотя закон строго соблюдался в течение полувека, в 2015 году компания Intel признала, что темпы продвижения начали замедляться. Её восьмое поколение Core CPU, кодовое название Coffee Lake, будет запущено во второй половине 2017 года и снова будет построено на том же 14-нм (нм) процессе, который использовался тремя поколениями ранее для своих чипов Broadwell, первоначально выпущенных в 2014 году. [8]

Первый микропроцессор включал в себя 2300 транзисторов и был выпущен в 1971 году компанией Intel, технология производства 10 мкм. В 2015 году компания IBM создала ультратонкий микрочип. Плотность размещения транзисторов этого чипа была в 4 раза больше, чем у существовавших в то время серийных аналогов. [3]

Разберемся, что же такое интегральная схема (ИС). ИС это электронное устройство, оно выполняет функцию преобразования информации и обработки сигнала, имеет высокую плотность компоновки электрически соединённых компонентов, их изготовление заключено в едином технологическом цикле на одном полупроводниковом кристалле или диэлектрической подложке. Требования к поверке, контролю, поставке и использованию рассматривается как единое целое. [4]

Наиболее важная проблема при создании микросхем - это разработка элементов и материалов, совместимых друг с другом, имеющие стабильные и воспроизводимые характеристики тонких слоев. Также порядок технологических операций создания многослойной структуры, при которой последующие операции не ухудшают характеристики ранее сформированных слоев.

Сейчас главным типом приходятся полупроводниковые интегральные схемы. Её элементы выполнены в приповерхностном слое полупроводниковой подложки. Такой тип ИС является фундаментом современной микроэлектроники. Интегральная схема в основном состоит из кремниевой пластины, увенчанной слоем фоторезиста, который разрушается при воздействии ультрафиолетового излучения. Затем применяется растворитель для удаления открытых участков и создания траншей в кремнии под ним.

Таким образом, световая картина, пробитая на верхний слой, эффективно формирует структуру лежащего в основе кремния наномасштабную схему, состоящую из миллиардов транзисторов и их взаимосвязанных путей.

Затем сформированные траншеи заполняются электропроводящими ионами, позволяющие направлять ток через транзисторы. В свою очередь транзисторы могут действовать в состоянии включения или выключения.

Эта парадигма включения/выключения эффективно создает двоичную систему, которая является основой для всего кода компьютера. [8]

Размеры кристаллов у современных полупроводниковых ИС достигают 400 квадратных миллиметров, а размеры фрагментов элементов ИС составляют порядка 0.1-0.01 микрометров. [5]

Интегральную схему невозможно создать без высококачественной подложки. Наиболее распространённый материал подложек – кремний. Всё начинается с выращивания монокристалла кремния: затравочный кристалл кремния погружается в ванну с расплавленным кремнием, температура расплава чуть выше точки плавления. Очень важно, чтобы кристаллы росли медленно, это будет гарантией правильного расположения атомов. Процесс проводится в герметичных помещениях со специальным воздушным составом, чтобы предотвратить окисление кремния. В итоге монокристалл имеет цилиндрическую форму. Для дальнейшей работы с ним его нужно разрезать на тонкие пластины с помощью кольцевой алмазной пилы. Затем подложки притираются, а именно, с помощью вращающихся стальных пластин и абразивного материала с них снимается толстый слой. В результате устраняются неровности размером от 50 до 2 микрон. Следующий шаг это закругление краев подложки для предотвращения её расслаивания. Далее проходит процесс травления для сглаживания поверхности ещё на 50 мкм с использованием разных химикатов, результатом будет поверхность близкая к идеалу.

Завершающим этапом является сглаживающая полировка. Осуществляется с помощью смеси гидроксида натрия и гранулированного диоксида кремния. [6]

После всех пройденных этапов подложка готова к нанесению на неё интегральных схем.

На протяжении десятилетий улучшение производительности центрального процессора в значительной степени достигалось за счет сокращения площади интегральной схемы. Забивание все большего количества транзисторов в меньшей области привело к автоматическому повышению скорости и эффективности.

Но по мере усложнения прогресса в этой области были выбраны альтернативы для повышения производительности, не прибегая к дорогостоящим и сложным процессам миниатюризации. В 2005 году Intel выпустила свой первый двухъядерный процессор, который значительно изменился от хорошо проработанной парадигмы процессора за предыдущие 40 лет.

Многоядерные чипы эффективно объединяют два процессора вместе, чтобы они могли работать параллельно на разных разделах одной и той же рабочей нагрузки. Хотя это требует для программистов другого подхода, чтобы обеспечить использование полной мощности процессора. Тем не менее позволил Intel и другим производителям накладывать больше транзисторов на чип, одновременно минимизируя инвестиции в исследования и разработки. [8]

По прогнозам уже в 2017 году компания Intel перейдет на 10 нм технологию производства, которую будет применяться до 2020 года. [7]

Библиографический список:

1. EDSAC [Электронный ресурс]:// https://ru.wikipedia.org/wiki/EDSAC (Дата обращения: 7.07.2017).

2. Закон Мура приказал долго жить [Электронный ресурс]:http://gearmix.ru/archives/26313 (Дата обращения: 7.07.2017).
3. Intel впервые нарушит закон Мура [Электронный ресурс]:// https://lenta.ru/news/2015/07/16/intel/ (Дата обращения: 7.07.2017).
4. Технология изготовления интегральных микросхем [Электронный ресурс]:// http://poznayka.org/s24024t1.html (Дата обращения: 8.07.2017).
5. Технология изготовления кристаллов полупроводниковых интегральных микросхем [Электронный ресурс]:// http://bibliofond.ru/view.aspx?id=450980 (Дата обращения: 9.07.2017).
6. Особенности технологии и производства ИС [Электронный ресурс]:// http://bourabai.ru/toe/ic13.htm (Дата обращения: 10.07.2017).
7. Мир NVIDIA [Электронный ресурс]:// https://nvworld.ru/news/tags/14%20%D0%BD%D0%BC/ (Дата обращения: 11.07.2017).
8. Moore's Law 2017: an uphill battle [Электронный ресурс]:// https://eandt.theiet.org/content/articles/2017/05/moore-s-law-2017-an-uphill-battle/ (Дата обращения: 13.07.2017)

Денисов Дмитрий Васильевич
Беляев Егор Ильич
Кочетков Федор Михайлович
Бакалавры Санкт- Петербургского государственного электротехнического университета
E-mail: ddenisov10@mail.ru

Denisov D. V., Belyaev E. I., Kochetkov F. M.
Bachelors: Saint Petersburg Electrotechnical State University

УДК 539

ИЗМЕНЕНИЕ ЛИНИЙ СПЕКТРА ИСПУСКАНИЯ ГАЗОВОГО РАЗРЯДА ПРИ РАСПЫЛЕНИИ МИШЕНИ ИЗ ТАНТАЛА В РЕАКТИВНОЙ СРЕДЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ АЗОТ И КИСЛОРОД

CHANGING THE LINES OF THE EMISSION SPECTRUM OF A GAS DISCHARGE WHEN SPUTTERING A TANTALUM TARGET IN A REACTIVE MEDIUM CONTAINING NITROGEN AND OXYGEN

Аннотация: объектом исследования являются спектры испускания газового разряда при распылении металлической мишени с помощью реактивного магнетронного распыления, полученные методом оптической эмиссионной спектроскопии. По результатам проведенных исследований были изучены процессы, происходящие при реактивном магнетронном распылении.

Abstract: the object of the study are the emission spectrums of a gas discharge when a tantalum target is sputtered with reactive magnetron sputtering, obtained by optical emission spectroscopy. Based on the results of the conducted studies, the processes occurring during reactive magnetron sputtering were studied.

Ключевые слова: реактивное магнетронное распыление, спектральные линии, оптическая эмиссионная спектроскопия (ОЭС).

Keywords: reactive magnetron sputtering, spectral lines, optic emission spectroscopy (OES)

В настоящее время в мире активно осваивается технология получения тонких пленок. Большое внимание уделяется оксинитридам металлов. Регулируя отношение кислорода к азоту в процессе производства пленки, можно настраивать их физические, химические и функциональные свойства, делая эти материалы привлекательными для различных областей науки, в том числе микроэлектронике, оптике, а также в качестве биосовместимых покрытий [1].

Оксинитриды тантала TaO_xN_y представляют научный интерес, поскольку они выгодны как из свойств оксидов тантала, так и из нитридов тантала. Так, оксид тантала Ta_2O_5 хорошо известен своей большой запрещенной зоной (4,5 эВ, т.е. ~ 280 нм), высоким показателем преломления (n ~ 2,3 при 633 нм), высокой диэлектрической постоянной (ε_r ~ 25) и прозрачностью в широком в диапазоне длин волн от 300 нм до 2 мкм. [2,3]. В результате тонкие пленки Ta_2O_5 оказались интересными для использования в качестве антифрикционных покрытий, оптических волноводов и металлооксидных полупроводниковых приборов [4-7]. Другие применения пленок Ta_2O_5 включают покрытия с защитным барьером, твердотельные датчики кислорода и тонкопленочные катализаторы. С другой стороны, нитрид тантала известен как химически инертный, коррозионностойкий и твердый керамический материал. Пленки нитрида тантала применяются для резисторов в микро- и оптоэлектронике, в термостойких слоях в механической промышленности и в биосовместимых покрытиях.

В качестве метода исследования был выбран атомный спектральный анализ, который позволяет получить информацию о качественном и количественном составе исследуемого образца,

так как каждый элемент имеет свои значения энергий и интенсивностей переходов между электронными уровнями в атоме. Областью спектроскопических методов для исследования материалов является оптическая атомно-эмиссионная спектроскопия (ОЭС или АЭС). Термин "оптическая" остался в связи с тем, что в прошлом данная методика основывалась на визуальном исследовании области спектра. Применялись такие компоненты как линзы и зеркала. Атомная спектроскопия занимается взаимодействием электромагнитного излучения и свободных атомов, т.е. атомами в газовой сфере.

Атомная эмиссионная спектрометрия позволяет исследовать газы, жидкости и твердые вещества. Если речь идет о твердом веществе или о жидкости, то сначала необходимо испарение и атомизация материала. Затем атомы газовой фазы электрически возбуждаются посредством подведенной энергии. Так возникает плазма, смесь атомов, молекул и заряженных частиц (ионов, электронов).

Оптическая эмиссионная спектроскопия является многоэлементным методом, отличающимся быстротой при обнаружении большого числа элементов. Он широко применяется в различных областях науки и техники для контроля промышленного производства, при проверке качества готовых продукций в разных отраслях промышленности (металлургической, химической и др.), поисках и переработке полезных ископаемых, в биологических, медицинских и экологических исследованиях и т.д. Важным достоинством данной спектроскопии по сравнению с другими оптически спектральными, химическими и физико-химическими методами анализа, являются возможности бесконтактного, быстрого, одновременного количественного определения большого числа элементов в широком интервале концентраций с приемлемой точностью при использовании малой массы пробы.

В ходе исследований были рассмотрены тонкие пленки оксинитрида тантала. Установка реактивного магнетронного распыления позволяет сделать двумя способами (мишень из тантала): при постоянном расходе азота в камере постепенно увеличивать расход кислорода, который поступает в камеру, или же при постоянном расходе кислорода в камере постепенно увеличивать расход азота. При каждом из этих случаев на поверхности мишени и на подложке будет происходить химическая реакция, которая приведет к получению нужного нам оксинитрида тантала.

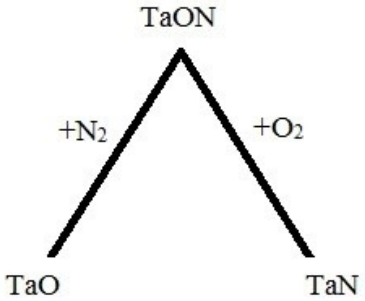


Рисунок 1 – Условная схема получения оксинитрида тантала.

В ходе процесса напыления пленок оксинитрида тантала, с помощью спектрометра и ПО к нему, были записаны на ПК спектры испускания плазмы при изменении расхода напускаемого в камеру газа (O_2 и N_2). Полученные при обработке спектров данные были вынесены на графики. Для наглядности и удобства была произведена нормировка значений.

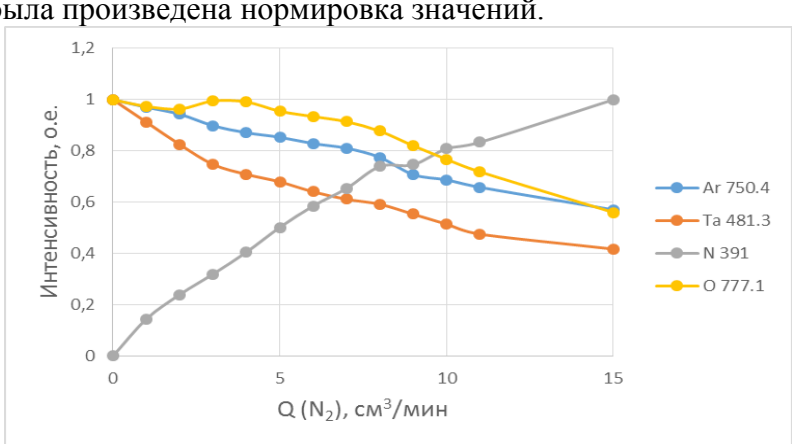


Рисунок 2 – Зависимость изменения интенсивности линий спектра тантала, аргона, азота и кислорода от изменения расхода азота в камере

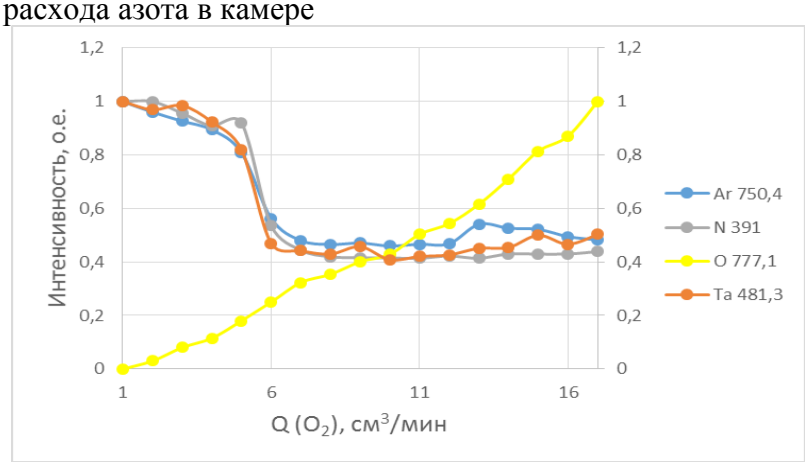


Рисунок 3 – Зависимость изменения интенсивности линий спектра тантала, аргона, азота и кислорода от изменения расхода кислорода в камере

Было проведено исследование изменения спектров испускания газового разряда методом оптической эмиссионной спектроскопии для двух случаев и в ходе обработки результатов было получено, что при введении второго реактивного газа в камеру интенсивность линий спектра вводимого газа увеличивалась, а остальных материалов в камере уменьшалась. Были построены графики зависимостей интенсивности спектра веществ в камере от потока вводимого газа. Установлено, что при вводе кислорода в качестве второго реактивного газа получался более резкий переход в оксинитридный режим работы мишени, чем при вводе азота, из-за того, что потенциал ионизации кислорода меньше, чем потенциал ионизации азота и аргона

Библиографический список:

1. Filipe Vaz, Nicolas Martin, Martin Fenker Metallic Oxynitride Thin Films by Reactive Sputtering and Related Deposition Methods: Process, Properties and Applications. Sheffield: Bentham books, 2013. 344 p.
2. Tantalum oxynitride for a novel cathode of PEFC./ Ishihara A., Lee K., Doi S., Mitsushima S. // Electrochemical Solid-State Letters. 2005, vol. (№) 8. P 201−203.
3. Nakamura R. Tanaka T. Nakato Y. Oxygen photoevolution on a tantalum oxynitride photocatalyst under visible-light irradiation: how does water photooxidation proceed on a metal−oxynitride surface, Physycal Chemistry. 2005, vol. (№) 109. P 8920−8927.
4. Kato K., Toyota H., Jin Y., Characterization of tantalum oxynitrides deposited by ECR sputtering. Vacuum 2009, vol. (№) 83. P 592−595.
5. Optical properties and hydrophilic behaviors of TaOxNy thin films with and without rapid thermal annealing / Hsieh J. H., Chang C. C., Cherng J. S., Hsu F. Y. // Thin Solid Films 2009, vol. (№) 517 (17). P 4711−4714.
6. Harrop P. J.; Campbell D.S. Selection of thin film capacitor dielectrics. Thin Solid Films 1968, vol. (№) 2. P 273−277.
7. Traylor-Kruschwitz J. D., Pawlewicz W. T. Optical and durability properties of infrared transmitting thin films. Applied Optics 1997, vol. (№) 36. P 2157−2159.

Беляев Егор Ильич
Кочетков Федор Михайлович
Денисов Дмитрий Васильевич
Бакалавры Санкт- Петербургского государственного электротехнического университета
E-mail: egor-belyaev1@yandex.ru

Belyaev E. I., Kochetkov F. M., Denisov D. V.
Bachelors: Saint Petersburg Electrotechnical State University
E-mail: egor-belyaev1@yandex.ru

УДК 537

МЕТОДИКИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОДЛОЖКИ ПРИ МАГНЕТРОННОМ РАСПЫЛЕНИИ

THE METHOD OF AUTOMATIC MEASUREMENT OF SUBSTRATE TEMPERATURE IN MAGNETRON SPUTTERING

Аннотация: В данной работе разрабатывается метод автоматического измерения температуры подложки при магнетронном распылении с целью упрощения работы оператора на вакуумной установке и предотвращении ошибок.

Abstract: In this paper, the method of automation measurement of substrate temperature in magnetron sputtering was investigated, The goal was to simplify the working process of the vacuum equipment operator and to prevent further mistakes.

Ключевые слова: магнетронное распыление, измерение, вакуумный насос, давление, температура, подложка.

Keywords: Magnetron sputtering, Measurement, Vacuum pump, pressure, temperature, substrate.

Введение

В современном производстве электроники одними из важных элементов являются пленочные структуры, которые обеспечивают работу при высоких температурах и суровых условиях эксплуатации. Данные элементы и технологии используются в приборах атомного и энергетического значения. Чтобы увеличить износостойкость элементов и приборов, используются защитные покрытия на основе нитридов и оксинитридов, наносимых на поверхность изделий в виде пленки толщиной до нескольких микрометров.

Получение пленочных структур методом распыления используется давно. Промышленное применение данного метода началось еще в конце двадцатого века прошлого столетия. Распылительные системы применялись для нанесение токопроводящих слоев в интегральных схемах. На приборы наносились металлические пленки при распылении в среде инертного газа и диэлектрические пленки при распылении в реактивном газе.

Исходя из выше изложенного материала, можно сделать вывод, что актуальность данной работы не вызывает никакого сомнения.

Целью работы является разработка методики автоматического измерения температуры подложки и выявления достоверности получаемых результатов при измерении данной методикой.

Основной раздел

Техникой для получения и поддержания вакуума и исследований в вакуумных камерах производственного оборудования, является вакуумная техника. Вакуумная техника широко используется в промышленностях, где производятся материалы с новыми свойствами, например, в металлургии, машиностроении и медицинской отрасли. Важнейшими направлениями в развитии вакуумной техники является открытие новых технологий откачки и которые, в свою очередь, расширяют возможности для исследований и создании новых материалов для различных промышленных отраслей.

В экспериментах использовалась вакуумная система установки для исследования процесса распыления «холодной» и «горячей» мишени, которая представляет собой установку УВН-71, оборудованной магнетронной распылительной системой. Установка смонтирована на стальном каркасе, закрытом съемными кожухами. Рабочей камерой является колпак из нержавеющей стали (диаметр 0,5 м, высота 0,5 м) Технологический источник магнетронной распылительной системы смонтирован на колпаке. Подъем колпака осуществляется с помощью гидропривода. На колпаке размещено смотровое окно. Приборы контроля технологических параметров, элементы управления установкой и натекатели для напуска рабочих газов смонтированы на каркасе. В установке присутствует магнетрон, который подключен в цепь микропроцессорным блоком питания инверторного типа APEL–M-5PDC с мощностью до 5 кВт.

Получение вакуума в камере осуществлялось за счет двух насосов (Рисунок 1).

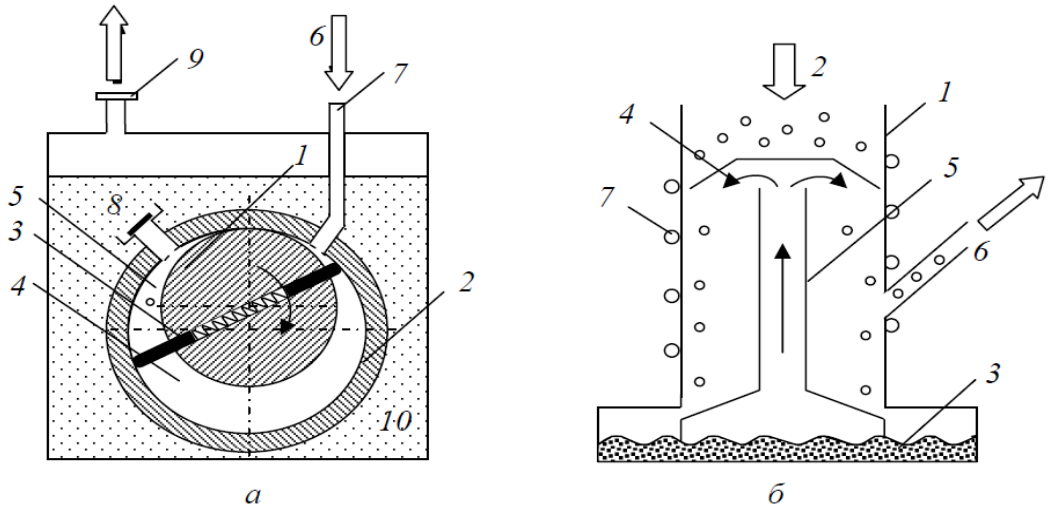


Рисунок 1- изображение используемых в камере насосов: а-роторный (механический); б-диффузионный.

Рисунок 1- изображение используемых в камере насосов: а-роторный (механический); б-диффузионный.

Механический насос позволяет получить предварительный вакуум. Камера данного насоса разделена на две части (4 и 5) и двумя вращающимися пластинами 3. Поток газа 6, поступающий из вакуумной камеры в первую камеру насоса, сжимается из-за уменьшения объема, вследствие вращения ротора. Когда пластина доходит до клапана 8, давление в ней превышает атмосферное, и происходит выброс газа в окружающую среду.

При достижении механическим насосом давления 8×10-2 мТорр, можно включать диффузионный насос. Принцип действия такого насоса основан на использовании элемента сверхскоростной паровой струи, в качестве откачиваемого элемента. При более низком давлении в камере использовать его запрещено, так как жидкость внутри него находится под давлением, и нагрета до температуры в несколько сот градусов. Диффузионный насос, изображенный на рисунке 1, представляет из себя цилиндр 1, в который сверху поступает газ 2. На дне насоса находится вакуумная жидкость3, которая закипает, и тем самым создает поток пара 4. Этот поток проходит через паропровод с крышкой 5, набирая при этом сверхзвуковую скорость. Молекулы газа, попадая в поток, меняют свою траекторию в сторону выходного патрубка 6. Через который идет непрерывная октачка механическим насосом. Пар, попадая на охлаждаемые извне холодильником 7 стенки, конденсируются, и попадают обратно на дно насоса.

Для измерения температуры нагревания подложки использовалась термопара, один конец которой, находился в рабочей камере магнетронной распылительной системы, а второй конец подключен к измерительному прибору UNI-T UT60F. Этот измерительный прибор является мультиметром с автоматическим выбором диапазона измерений. Данный прибор имеет автоматический выбор пределов измерений, режим прозвона цепей на проводимость со звуковым сигналом, режим относительных измерений, режим "Data hold" (сохранение данных). Рабочие характеристики данного прибора представлены на рисунке 2. После записи измерений происходит передача данных от прибора на ПК, посредством USB интерфейса, через канал RS232C. Предварительно на персональном компьютере была установлена записывающая программа, которая

входила в пакет, данного прибора. На рисунке 20 представлено рабочее окно этой программы с полученными результатами измерений.

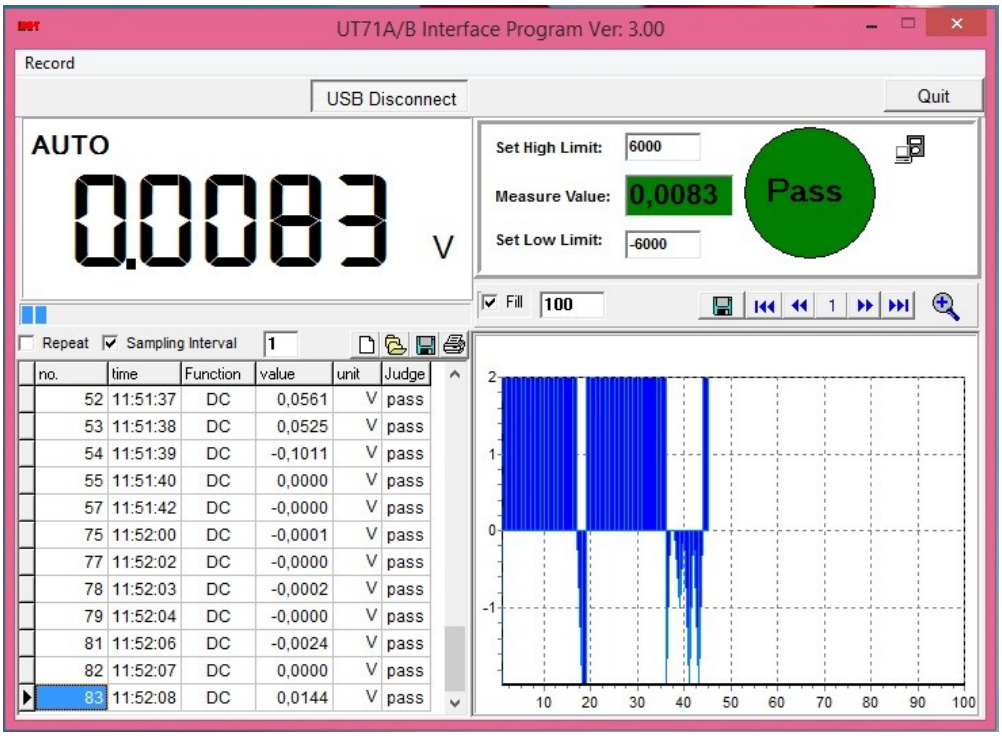


Рисунок 2- рабочее окно программы с полученными результатами измерений.

Выбор пределов измерений	автоматический
Количество разрядов индикатора	3 3/4
Линейная шкала	нет
Измерение постоянного напряжения	есть
Диапазоны измерения постоянного напряжения	400мВ-4-40-400-1000В
Измерение переменного напряжения	есть
Диапазоны измерения переменного напряжения	400мВ-4-40-400-1000В
Измерение постоянного тока	есть
Диапазоны измерения постоянного тока	400-4000мкА-40-400мА-4-10А
Измерение переменного тока	есть
Диапазоны измерения переменного тока	400-4000мкА-40-400мА-4-10А
Измерение сопротивления	есть
Диапазоны измерения сопротивления	400 ОМ-4-40-400кОм-4-40МОм
Измерение емкости	есть
Диапазоны измерения емкости	4-40-400нФ-4-40-400мкФ-4мФ
Измерение индуктивности	нет
Диапазоны измерения индуктивности	-
Измерение частоты	есть
Диапазоны измерения частоты	4-40-400кГц-4-40МГц
Измерение температуры	нет
Диапазоны измерения температуры,С	-
Логический пробник	нет
Тест диодов и транзисторов	есть
Прозвонка цепей на проводимость	есть
Счетчик числа оборотов	нет
Память предыдущих значений	нет
Режим удерживания данных на дисплее (Data Hold)	есть
Интерфейс для подключения к ПК	есть
Автоматическое отключение	есть
Сертификация Госстандарта РФ	нет
Размеры,мм	177x85x40
Вес, г	320

Рисунок 3- рабочие характеристики измерительного прибора.

В данной программе существует интервал времени запроса измерения температуры. После записи измерений происходит сохранение данных в виде таблицы Excel (рисунок 5), пакета Microsoft Office, и легко построить всевозможные графики и зависимости. Общий вид записывающего оборудования представлен на рисунке 4

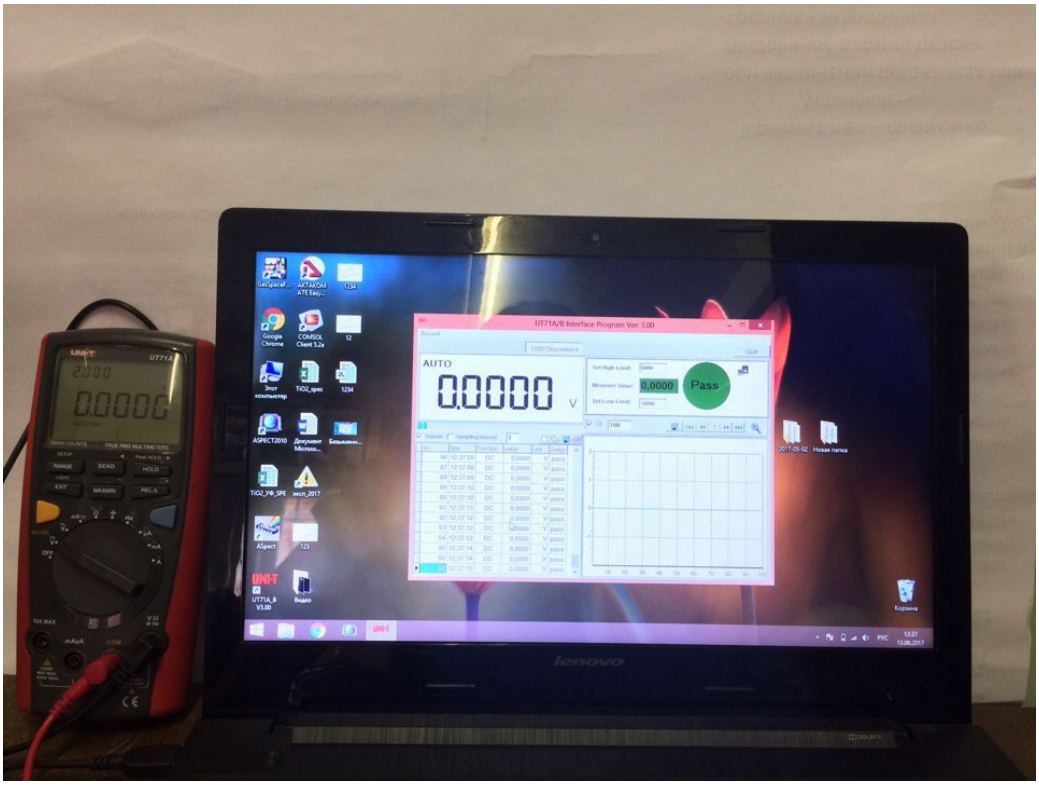


Рисунок 4- общий вид записывающего оборудования.

No	Time	DC/AC	Value	Unit	AUTO
10	11:50:55	DC	0,0023	V	pass
11	11:50:56	DC	0,0059	V	pass
12	11:50:57	DC	0,0026	V	pass
13	11:50:58	DC	0,0016	V	pass
14	11:50:59	DC	0,0006	V	pass
15	11:51:00	DC	0,0018	V	pass
16	11:51:01	DC	0,0281	V	pass
17	11:51:02	DC	0,0303	V	pass
18	11:51:03	DC	0,0321	V	pass
19	11:51:04	DC	0,0323	V	pass
20	11:51:05	DC	0,0302	V	pass
21	11:51:06	DC	0,0248	V	pass
22	11:51:07	DC	0,0222	V	pass
23	11:51:08	DC	0,0201	V	pass
24	11:51:09	DC	0,1413	V	pass
25	11:51:10	DC	0,0377	V	pass

Рисунок 5- результат записи измерений мультиметром UNI-T UT60F.

Заключение

В ходе работы был сконструирована экспериментальная вакуумная установка, которая позволяет автоматически измерять изменение температуры подложки при магнетронном распылении, позволяющая упростить процесс изучения влияния температуры подложки на различные напыляемые пленки.

Библиографический список:

1. Theoretical and experimental determination of the energy flux during magnetron sputter deposition onto an unbiased substrate / S. D. Ekpe, S. K. Dew // Journal of Vacuum Science & Technology. A. 2003. V. 21. P. 476−483.

2. Investigation of thermal flux to the substrate during sputter deposition of aluminum / S. D. Ekpe, S. K. Dew // Journal of Vacuum Science & Technology. A. 2002. V. 20. P. 1877−1885.

3. Influence of particle energies on the properties of magnetron sputtered tungsten films / C. Paturaud, G. Farges, M. C. Sainte Catherine // Journal Vacuum Science Technology. 1998. V. 98. P. 1257−1261.

4. Measurement of energy flux at the substrate in a magnetron sputter system using an integrated sensor / S. D. Ekpe, S. K. Dew //Journal Vacuum Science Technology. A. 2004. V. 22. P. 1420−1424.

5. А.В. Тумаркин, Г.В. Ходаченко, Т.В. Степанова, И.А. Щелканов / Магнетронный разряд с расплавленным катодом // Успехи прикладной физики. 2013, вып. (№) 3. С. 276–282.

Научное издание

Коллектив авторов

ISSN 2500-1140

Техниконаучный журнал «Техноконгресс»
Кемерово 2017