

Научно-исследовательская работа

Физика

СОЗДАНИЕ РИСУНКА НА ОСНОВЕ НАНОЛИТОГРАФИИ

Выполнила:

Чермак Алена Андреевна,

учащаяся 8 класса МБОУ г. Мурманска

«Мурманский международный лицей»,

Россия, г. Мурманск

Руководитель:

Огнева Марина Владимировна,

учитель физики МБОУ г. Мурманска

«Мурманский международный лицей»,

Введение

В настоящее время в Российской Федерации в связи с переходом промышленности на инновационный путь развития приоритетными направлениями науки являются индустрия наносистем и материалов, а также рациональное природопользование [1].

Актуальность

«Мы стоим на старте великой нанотехнологической гонки, результаты которой способны изменить мир. Мы не можем упустить свой шанс в исследовании и применении нанотехнологий в обыденной жизни, чтобы изменить её к лучшему...»

Леонид Меламед, генеральный директор ГК «Роснанотех»

XXI век знаменуется широкомасштабным развитием нанотехнологий и применением наноматериалов в наиболее значимых областях человеческой деятельности (промышленности, обороне, информационной сфере, радиоэлектронике, энергетике, транспорте, биотехнологии, медицине) [2], в том числе и в искусстве.

Объединение науки и искусства — это современный тренд развития общественного сознания. Но техника литографии мало известна современным любителям изобразительного искусства. Поэтому у нас возникла идея создания собственного рисунка на основе нанолитографии.

Цель работы – выяснить, как можно применить нанолитографию для создания рисунка.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Изучить технику литографии, основы нанолитографии и ее возможности.
2. Разработать технологический цикл производства литографических оттисков для получения рисунков из подручных средств.
3. Изготовить рисунок в технике альтернативной нанолитографии.

Объект исследования: создание рисунка на основе литографического оттиска.

Предмет исследования: нанолитография.

Гипотеза: подобное растворяется в подобном или прилипает к подобному. Если на поверхности фольги нанести жиром рисунок, то масляная краска пристанет только к линиям рисунка. Потом таким изрисованным куском фольги можно пользоваться как штампом.

Методы исследования: классификация, моделирование, анализ и синтез, аналогия, эксперимент. В работе использовано оборудование, представленное в Таблице 3.

Литографию изобрёл Алоиз Зенефельдер в Баварии в 1798 году. Исторически литография — это техника плоской печати. «Литография» происходит от греческих слов «lithos» — камень и «grapho» — пишу, рисую [4]. Изображение или текст с плоской поверхности камня, на которой они предварительно были созданы, переносятся на бумагу.

Литография — технология переноса рисунка с шаблона на конкретную поверхность (полимерную пластину, полупроводниковую подложку и т.д.) [1]. Однако в XX в. этот термин начали применять не только в книгопечатании, но и в производстве микроэлектроники, так как литография оказалась очень удобной при массовом производстве микросхем с отдельными элементами меньше 1 мкм. Поэтому в настоящее время термин «литография» используется в широком смысле, как:

- техника переноса изображения;
- вид тиражной графики, основанный на технике плоской печати;
- способ плоской печати;
- произведение искусства, выполненное техникой плоской печати;
- технология в микроэлектронике при изготовлении полупроводниковых приборов, интегральных микросхем, сверхпроводниковых наноструктур.

Изучая современные научные исследования [2], выяснили, как используются различные виды литографии. Материал систематизирован в Таблице 1 (см. Прил.). Многие из этих новых методов сейчас успешно используются в коммерческих, а также научно-исследовательских сферах.

В последнее десятилетие термин «литография» используется в более широком значении: как метод формирования на поверхности подложки не только электронных схем, но и наноструктур (или рисунков с нанометровым разрешением) путём переноса их изображения с помощью маски или штампа, или непосредственным воздействием на поверхность образца (литография с помощью СТМ или АСМ) [2].

Изучая материалы кейса «Nano-Art» [1], мы выяснили, что существует уникальная техника литографии, в которой главную роль играют наночастицы. Применительно к области нанотехнологий под литографией чаще всего понимают технологию микроэлектроники, включающую в себя несколько этапов:

1. нанесение фоточувствительной полимерной плёнки (фоторезиста) на кремниевую пластину;
2. сушку и облучение (экспонирование) плёночного покрытия пластины с рисунком через соответствующую маску;
3. проявление (травление) экспонированного покрытия в специальном растворе;
4. формирование на подложке элементов электронной схемы.

Нанолитография представляет собой область литографии, которая имеет дело с формированием изображений, размеры элементов которых имеют порядок 100 нм и менее. Таким образом, нанолитография — это технология переноса изображения с шаблона на поверхность (полимерную пластину, полупроводниковую подложку и т.д.) с помощью различного излучения. Мы изучили методы нанолитографии и систематизировали материал в Таблице 2 (см. Прил.).

Нанокраска использует нанотехнологию, благодаря которой на поверхности покрываемого объекта создается барьер воздуха. Он полностью отражает воду, густые масла, краски, оставляя поверхность при этом сухой и без бактерий. Этой краской можно покрывать для защиты от воздействия воды и масел пластик, стекло, ткани, металл и т.д. В университете Notre Dame

(Франция) разработана нанокраска на основе полупроводниковых наночастиц, которая преобразует солнечную энергию в электричество.

Полупроводниковые наночастицы - это частицы диоксида титана, покрытые слоем сульфида или селенида кадмия. Из них изготавливают нанокраску на водноспиртовой основе, способную генерировать электричество под действием света. КПД преобразования солнечной энергии такой нанокраской составляет 1%, что намного меньше, чем в традиционных кремниевых панелях (10–15%). Достоинства: малая стоимость нано-краски и возможность покрывать ею большие площади поверхности.

Вывод: экологически безопасные нанокраски New Nanomat (антибактериальная), New Nanotex (водоотталкивающая) и New Nanoson (огнезащитная) могут использоваться в интерьерном дизайне зданий, в том числе в школах.

Рассмотрим химическую основу литографии. Важно соблюдать осторожность при изготовлении растворов и при работе с кислотами, поэтому целесообразно большинство процессов делать в кабинете химии (См. Приложение № 1). Литографский камень (пластина) способен притягивать или отталкивать жировые вещества в процессе адсорбции, который представляет собой форму адгезии на молекулярном уровне. Литография основана на том, что жир не растворяется в воде.

Молекулы жирных кислот (компоненты жировых литографских материалов для рисования) вступают в химическую реакцию с фольгой, в результате чего участки рисунка становятся постоянно восприимчивыми и готовыми к контакту с жировыми веществами. В сущности, этот процесс незначительно отличается от химической реакции, которая происходит при использовании окисленного гуммиарабика для травления пластины.

На металлических пластинах сложно добиться изысканных тональных градаций. Камень упрощает процесс внесения корректировок, так легко поддается выскабливанию и повторному травлению. По этой причине камень

применяется для создания эффектов в технике лито меццо-тинто, в то время как металл использоваться с этой целью не может.

Лучшим камнем для литографского дела считают баварский известняк светлого желто-серого цвета. Это мелкозернистый, пористый и по сравнению с серым камнем более мягкий материал. Изображение на камне может быть выполнено литографской тушью, карандашом и клеем. Какой бы цвет краски не использовался для оттиска, работа на камне всегда черно-белая.

Быстрый, простой и нетоксичный способ создания рисунка в технике альтернативной нанолитографии придумала Эмили Айзер в 2011 году. Ее изобретение состоит в глобальном упрощении техники. Используется алюминиевая *фольга, Кола и подсолнечное масло*. Этот новый способ является повторным открытием, необычной современной адаптацией традиционной литографии, разработанной Алоизом Зенефельдером. Техника пользуется большим спросом в изготовлении открыток и оформлении книг.

Изображение рисуют на пищевой фольге и отпечатывают на лист бумаги. Материал, используемый для нанесения рисунка на камень или пластину, должен содержать жировые вещества. Можно использовать мыло, сливочное масло, животный жир, пастель, масляную краску, стеклограф. Это хорошая возможность сделать литографию без специального станка и камней. Для алюминиевой фольги (ГОСТ 745-2003) толщиной от 0,006 до 0,030 мм, поры диаметром менее 0,020 мм не определяют [2].

Мы решили сделать что-то необычное. Мы попробовали создать собственные рисунки экологической тематики на основе нанолитографии и посвятить эту работу городу Мурманску. Для реализации данной идеи нам понадобились простые материалы. Мы заменили Колу раствором лимонной кислоты, а масло – губной помадой и карандашом для глаз.

Оборудование для экспериментов



Рис.1. Оборудование

Колба или стакан, стеклянная палочка, пластиковый контейнер, фольга, валик для нанесения краски, масляная краска, лимонная

кислота или сода, ацетон или растворитель (можно заменить жидкостью для снятия лака), губка, карандаш для глаз, помада.

Изготовление рисунка в технике нанолитографии из подручных средств.

1. Создаем зеркальный эскиз.



2. Обезжириваем поверхность фольги ацетоном и кладем на ровную основу. Изображение переносим на фольгу через кальку.



3. Наносим на неё рисунок карандашом для глаз. Работаем в тонких резиновых перчатках, чтобы не оставить жирных отпечатков на рабочей поверхности и не испачкать руки карандашом. Нарисованное должно хорошо подсохнуть.



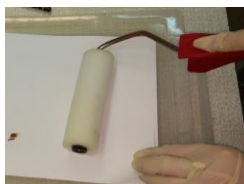
4. После нанесения рисунка травим фольгу для удаления щёлочи из следа карандаша для глаз. Для этого обливаем фольгу раствором лимонной кислоты.

5. После этого моем фольгу водой.

6. Губной помадой протираем печатную форму.

7. Мягкой губкой наносим небольшое количество воды.

8. Даем фольге высохнуть при комнатной температуре.



9. Далее смачиваем губку ацетоном и протираем фольгу, промыв после этого водой.

10. Раскатыванием по гладкой поверхности на валик наносим краску. Валиком переносят краску на фольгу.



11. Полученный штамп приложим к листу бумаги и сильно прижимаем на 30 секунд.

12.Получаем альтернативную литографию в домашних условиях на основе эффекта наноповерхности.

Также мы попытались применить данную технологию для получения оттисков на поверхности мрамора и кирпича. Одно из свойств мрамора – это пористость. В нем сочетаются два противоречащих свойства: проницаемость для газов и низкое поглощение воды, происходит это из-за размера и геометрии пор. Строительный кирпич также имеет пористое строение. Микро и нанопоры формируют структуру материала (размеры пор 0,02—10 мк). Международный коллектив физиков при участии исследователей из Национального исследовательского университета «МИСиС» провел серию экспериментов, в результате которых выяснилось, что диаметр нанопор в материале может настраиваться в диапазоне от 1 до 4 нанометров.

Вывод: сравнивая рисунки, получившиеся от штампов на фольге и кирпиче, выяснилось, что качество рисунка по оттиску фольги намного выше, чем по оттиску кирпича (см. Приложение рис. 2 и 3). От количества и характера пор в материале зависят его физико-технические характеристики. Типичный подход в нанотехнологии: не обязательно изготавливать нанопредмет (в данном случае, нанопоры) вручную. Надо запустить такой физический процесс, который «выточит» из заготовки то, что требуется. Для решения этих вопросов возникла необходимость измерить размеры пор на фольге, мраморе, кирпиче и других пористых материалов и выяснить влияние размеров пор на качество получаемых рисунков. Это мы будем делать в последующих исследованиях.

Заключение

В работе исследованы теоретически современные виды литографии. Изучив свойства нанокрасок (антибактериальное, водоотталкивающее, огнезащитное), сделан вывод о возможности использовании красок New Nanomat, New Nanotex и New Nanoson в интерьерном дизайне зданий, в том числе в школах.

В результате исследования выяснилось, что для изготовления структур нанометрового масштаба можно использовать нанопечатную литографию. Выяснили, что в основе методов нанолитографии лежит формирование изображений, размеры элементов которых имеют порядок 100 нм и менее.

Сравнивая рисунки, получившиеся от штампов на фольге и кирпиче, выяснилось, что качество рисунка по оттиску фольги намного выше, чем по оттиску кирпича. Несмотря на то, что для алюминиевой фольги (ГОСТ 745-2003), поры диаметром менее 0,020 мм не определяют [2], известен способ получения нанопор с диаметром 25 нм на алюминиевой пленке толщиной 20 мкм [7]. Выяснилось, что диаметр нанопор в других материалах может быть в диапазоне от 1 до 4 нм.

Поэтому **в перспективе** мы планируем исследовать диаметр нанопор в фольге различных видов, а также на мраморе и кирпиче и других пористых материалах и выяснить влияние размеров пор на качество получаемых рисунков.

Практически исследованы возможности получения литографии на доступном оборудовании. В результате анализа нанолитографических методов выяснили, какие материалы можно использовать для получения наноструктур в домашних условиях. Учитывая, что материал, используемый для нанесения рисунка на камень или пластину, должен содержать жировые вещества, применили косметический карандаш для глаз и губную помаду. В качестве рабочей поверхности была использована пищевая фольга. В последующих экспериментах использовалась мраморная плитка и кирпич. Для проявления (травления) покрытия (удаление щёлочи из следа карандаша для глаз) применили раствор лимонной кислоты.

Цель работы достигнута. Используя принципы техники нанолитографии, получены рисунки из подручных средств (видеоприложение <https://yadi.sk/d/uR2gcshX32FzTs>). Подтвердилась **гипотеза** (если на поверхности фольги нанести жиром рисунок, то масляная краска пристанет только к линиям рисунка). Изрисованную фольгу можно использовать как

штамп. Подвердилось, что альтернативная нанолитография проще, менее затратна и более результативна в применении чем литография на камне.

Новизна работы: разработан технологический цикл производства литографических оттисков для получения рисунков из подручных средств (см. Прил). Созданы рисунки на основе литографических оттисков на мраморе.

Практическая значимость

Работа будет полезна для учащихся, впервые знакомящихся с нанотехнологиями. Также можно применить идеи нанолитографии для Art&Science. Общество исследования материалов (Materials Research Society), начиная с 2005 г., проводит конкурс «Наука как искусство». Альтернативная нанолитография малоизвестна и, разместив фото своих произведений в социальных сетях, возможно получить заказы на новые работы.

Главные преимущества альтернативной нанолитографии заключаются в скорости, дешевизне и в доступности метода. Люди, освоившие данную технику смогут создавать проекты (оформление открыток, картин, книг).

В перспективе мы планируем создать солнечные батареи методом муаровой нанолитографии и применять экологически безопасные нанокраски, **которые** убивают болезнетворные бактерии, вирусы, грибки, защищают от распространения инфекций, предотвращают возникновение эпидемий.

Приложения

Таблица 1

Современные виды литографии

Вид литографии	Применение	На каких физических свойствах (явлениях) основан метод?
Оптическая фотолитография	Получение рисунка на тонкой пленке. Минимальный размер деталей рисунка — половина длины волны (определяется	Перенос рисунка с фотошаблона на фоторезист — материал, который изменяет физико-химические свойства

	дифракционным пределом).	при облучении светом.
Лазерно-интерференционная литография	Изготовление структур нанометрового масштаба без использования сложных оптических систем или фотомасок.	Интерференция (волновые свойства света), лазеры (когерентное излучение).
Рентгенолитография	Избирательное удаление частей тонкой пленки посредством перенесения геометрического рисунка с маски на светочувствительный химический фоторезист на подложке.	Свойства рентгеновского излучения: дифракция уменьшена за счет малой длины волны в диапазоне 0,4–5 нм.
EUV-литография (литография в экстремальном ультрафиолете)	Производство полупроводниковых схем. Печать линий шириной до 30 нм и элементов микросхем размером менее 45 нм. Оптические системы сверхвысокого разрешения для астрономии и микроскопии.	Свойства ультрафиолетового излучения с длиной волны 11–14 нм (коротковолновый диапазон). Требуется мощных источников света.
Электронно-лучевая/ионно-лучевая литография	Изготовление шаблонов с нанометровым разрешением для фотолитографии в производстве и в научной деятельности.	Написание пучками электронов/ионов конфигурации на поверхности за счет отклонения пучка магнитным полем.
Сканирующая зондовая литография (туннельный микроскоп или атомно-силовой микроскоп).	Создание запоминающих сред, рисунки с нанометровым разрешением, манипулирование молекулами и атомами, наносборка устройств.	При контакте СТМ-зонда с поверхностью она может расплавляться и частично испаряться.

Таблица 2

Основные методы нанолитографии

Вид нанолитографии	Применение	На каких физических свойствах (явлениях) основан метод?
Нанопечатная литография наноимпринт-литография (НИЛ)	Изготовление наноструктур, в диапазоне от 10 нм до единиц мкм.	Перенос изображения наноструктуры или электронной схемы на подложку, покрытие штампом с травлением покрытия.
Dip-Pen литография	Производство полупроводниковых компонентов со сложной структурой.	Производство наноструктур с использованием сканирующего зонда (пера) атомно-силового микроскопа для изображения наноструктур на поверхностях.
Nano-Pen литография	Нанесение наноструктур в режиме реального времени.	Неоднородное поле в жидкостном слое взаимодействует с наночастицами, втягивая или выталкивая их.
оптическая нанолитография	Создание 3D-наноструктуры на площади до квадратного	Различные оптические методы: двухфотонная лазерная нанолитография; ближнепольная оптическая

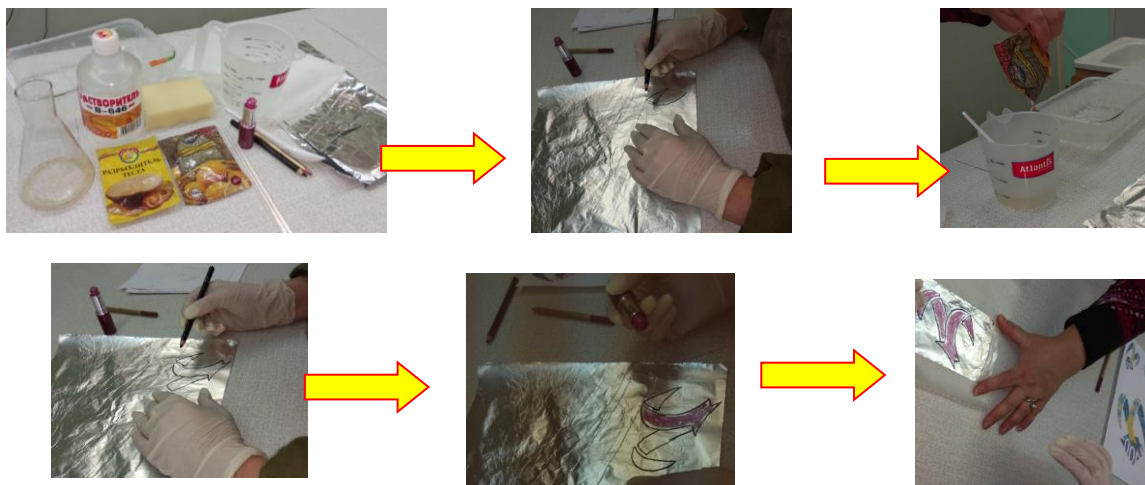
	метра.	нанолитография; плазменная нанолитография; лазерно-интерференционная нанолитография.
литография наносферами	Формирование узора на поверхности, который применяется как маска для блокирования областей поверхности при осаждении наноматериала из газа.	Нанесение плотноупакованного монослоя или бислоя наносфер; нанесение маски металла посредством напыления сквозь слой из микросфер; анизотропное травление микросфер на подложке через металлическую маску.
Атомная нанолитография	Минимальный размер наноструктур составляет величину порядка 30 нм.	Идея камеры-обскуры, которая позволяет создавать оптические изображения с помощью маленького отверстия в экране.
«Мягкая (Soft)» нанолитография»	Производство электронных схем, оптических линз, фильтрующих мембран, теплоотводов и транзисторов.	Изображение образуется за счет механической деформации полимерного покрытия (резиста) пресс-формой (штампом). Можно получать наноструктуры размером менее 10 нм на больших площадях, что недоступно для всех прочих методов литографии.
Биокаталитическая микроконтактная печать	Производство сложных структур для микроприборов, биосенсоров и других наноприиспособлений.	Нанесение наноизображения с помощью фермента. Фермент расщепляет слой, предназначенной для нанесения изображения поверхности, в результате чего появляется отпечаток.
Муаровая нанолитография	Создание солнечных батарей.	См. Приложение 6. Подобные структуры могут эффективно задерживать фотоны, поступающие под любыми углами.
Чернильная нанопечать	Получение рисунков.	Нанесение материала резиста в виде чернил из мономера на эластичный штамп с рисунком, который отпечатывается на подложке.

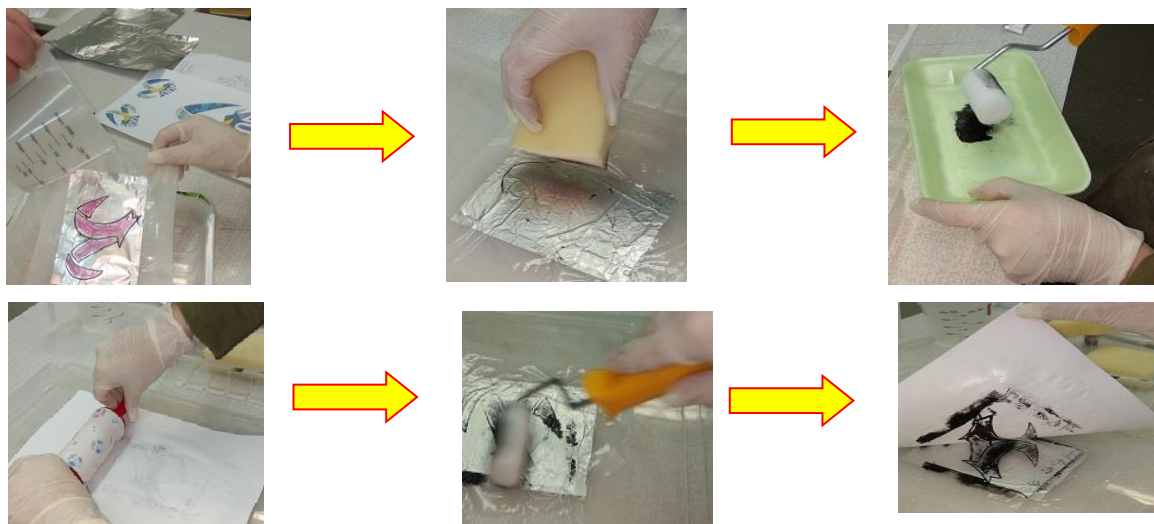
Правила техники безопасности при проведении экспериментов

1. Проводить эксперименты можно только в присутствии учителя. Запрещается одному работать в лаборатории.
2. Каждый работающий в лаборатории должен знать местонахождение средств противопожарной защиты и аптечки первой медицинской помощи.
3. Работающие в лаборатории, должны выполнять требования инструкций по безопасному обращению с реактивами, лабораторным оборудованием и электроприборами, содержать в чистоте рабочее место.
4. После окончания эксперимента учащиеся должны вымыть руки с мылом
5. Запрещается пробовать на вкус любые вещества.

6. В процессе работы необходимо следить, чтобы вещества не попадали на кожу лица и рук, так как многие вещества вызывают раздражение кожи.
7. Слянки с веществами или растворами необходимо брать одной рукой за горлышко, а другой снизу поддерживать за дно.
8. Растворы необходимо наливать из сосудов так, чтобы при наклоне этикетка оказывалась сверху (этикетку — в ладонь!). Каплю, оставшуюся на горлышке сосуда, снимают верхним краем той посуды, куда наливается жидкость.
9. Твёрдые сыпучие реактивы разрешается брать из склянок только с помощью совочков, ложечек, шпателей, пробирок.
10. Категорически запрещается выливать в раковины концентрированные растворы кислот, щелочей, и органические растворители, сильно пахнущие и огнеопасные вещества. Все отходы нужно сливать в специальную стеклянную тару ёмкостью не менее 3 л крышкой (для последующего обезвреживания).
11. На рабочих местах для постоянного размещения допускаются только реактивы и растворы набора типа НРП, утвержденного Министерством просвещения РФ.

**Технологический цикл производства литографических оттисков на фольге
для последующего получения рисунков**





Наши эксперименты получения рисунка методом нанолитографии из подручных средств.

Рис.2. Мурманская чайка (фольга)



Рис.3. Мурманская чайка (кирпич)



нска

Рис



Список литературы

1. Азбель А. А., Илюшин Л. С. Тетрадь кейсовых практик. Часть 2. Опыт самостоятельных исследований в 8–9 классах. — СПб.: Школьная лига, 2014. — 48 с.

2. Бенда А.Ф. Материалы нанотехнологий в полиграфии. М.: — Московский государственный университет печати имени Ивана Федорова, 2015.
3. Жаклин Клайд © md-eksperiment.org [электронный ресурс] — URL: <http://md-eksperiment.org/post/20170115-litografiya-iskusstvo-proshedshee-skvoz-veka>
4. Литографская мастерская "30" [электронный ресурс] — URL: <https://www.facebook.com/pg/Lithography30/notes/> (дата обращения: 04.09.2020).
5. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю.Д. Третьякова. — М. : Физматлит, 2009.
6. Озерянский В.А., Клецкий М.Е., Буров О.Н. Познаём наномир. Простые эксперименты — Бином. Лаборатория знаний, 2012.
7. Способ изготовления мембран с регулярными нанопорами из оксидов вентильных металлов [электронный ресурс] — URL: <http://www.freepatent.ru/patents/2405621> (дата обращения: 23.09.2020).
8. Электронный фонд правовой и технической документации [электронный ресурс] — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200035187> (дата обращения: 23.09.2020).