

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО

Кафедра материаловедения,  
технологии и управления качеством

**ВЫЯВЛЕНИЕ СЛЕДОВ РУК МЕТОДОМ ВАКУУМНОГО НАПЫЛЕНИЯ  
ТОНКИХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ И УГЛЕРОДИСТЫХ ПЛЕНОК**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студентки 4 курса 421 группы направления  
22.03.01 «Материаловедение и технологии новых материалов»,  
факультета нано- и биомедицинских технологий

Коржановой Альбины Макзумовны

Научный руководитель,

доцент, к.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

личная подпись, дата

О.Р. Матов

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Зав. кафедрой,

профессор, д.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_

должность, уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_

личная подпись, дата

С.Б. Вениг

\_\_\_\_\_

инициалы, фамилия

Саратов 2017

## ВВЕДЕНИЕ

На некоторых поверхностях кожи человека есть узоры, образованные валиками и бороздками, называемыми папиллярными. Их структура строго индивидуальна, что позволяет эффективно использовать папиллярные узоры для идентификации личности человека.

Существуют различные методы выявления следов рук, основанные либо на химических реакциях окрашивания потожирового вещества, либо на различии в адгезионных свойствах следа поверхности свободной от потожира и покрытой потожировым веществом.

Напыление тонких пленок – один из способов визуального проявления следов пальцев рук. В зависимости от типа процесса напыления выделяют термическое испарение, катодное, магнетронное напыления и другие.

Оставленный человеком потожировой след на какой-либо поверхности со временем может высохнуть, либо изначально быть «слабым». Многие известные на сегодняшний день методы выявления следов рук не работают в данном случае, поэтому нахождение методов, которые были бы наиболее чувствительны, является в настоящее время актуальной задачей.

Целью данной работы является рассмотрение основных методов напыления тонких пленок, и последующее применение вакуумных методов напыления для выявления следов рук, а также апробация вакуумного нанесения тонких пленок для выявления следов рук.

Основными задачами данной работы являются:

- рассмотреть основные методы напыления и распыления в вакууме;
- ознакомиться с принципами работы рабочих установок;
- выявить следы рук методами термовакуумного напыления углерода и магнетронного напыления золота и меди;
- сделать выводы о преимуществах использования данных методов для выявления следов пальцев рук на основе полученных результатов.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, четырех разделов: первые три раздела – теоретический обзор, четвертый – экспериментальная часть работы, заключения и списка использованных источников.

Объем выпускной квалификационной работы составляет 57 страниц, в котором 22 рисунка.

Обзор составлен по 20 информационным источникам.

### **Основное содержание работы**

**Введение** содержит обоснование актуальности темы, формулировку цели работы, основные задачи исследований, раскрывает научно-практическую значимость работы.

**Первая глава** описывает значимость дактилоскопической экспертизы для уличения преступника. Отмечено, что при контакте пальцев или ладоней рук с поверхностью объекта, они оставляют на ней следы, копирующие папиллярный узор. Это объясняется тем, что поверхность кожи всегда покрыта выделениями пота и жира. Кроме того, с точки зрения физики, потожировое вещество локально изменяет свойства поверхности, что является основой для визуализации следов рук.

**Во второй главе** описаны способы выявления следов рук. Они подразделяются на визуально-оптические, физические и химические.

Визуально-оптические методы проявляются при исследовании объекта невооруженным глазом, с использованием оптических устройств увеличения, с применением различных средств и методов освещения.

Физические методы основаны на свойствах адгезии и селективной адсорбции вещества следа и способности возбуждения собственной люминесценции. Основными физическими методами являются: метод ультрафиолетовых и инфракрасных лучей, обработка порошками, окрашивание копотью пламени, окуривание парами йода.

Химические методы представляют собой химическую реакцию, которая возникает между компонентами потожирового вещества следа и специальными

реагентами, способными вызвать их окраску или люминесценцию. В ряде химических веществ, используемых в данном методе, можно выделить следующие: азотнокислое серебро, нингидрин, аллоксан, бензидин с перекисью водорода, лейкомалахитовая зелень и ледяная уксусная кислота, ортотолуидин, 8-оксихинолин, растворы солей в дистиллированной воде, пары цианоакрилатов.

**Третья глава** посвящена аналитическому обзору методов вакуумного напыления тонких пленок. Процесс осаждения тонких пленок в вакууме состоит в создании (генерировании) потока частиц, направленных на обрабатываемую подложку, а затем их концентрации для образования тонкопленочных слоев на покрываемой поверхности.

Существует два основных метода нанесения вакуумных покрытий, отличающихся механизмом генерации потока осажденных частиц:

- термическое вакуумное напыление;
- распыление ионной бомбардировкой.

Термовакuumный метод получения тонких пленок основан на нагревании в вакууме вещества до его активного испарения и конденсации испаренных атомов на поверхности подложки.

Весь процесс термовакuumного распыления можно разбить на три этапа: испарение атомов вещества, их перенос на подложку и конденсация. Испарение вещества с поверхности происходит, вообще говоря, при любой температуре, отличной от абсолютного нуля.

Второй этап осаждения тонких пленок – перенос молекул вещества от испарителя к подложке. Если обеспечить прямолинейное и направленное перемещение молекул на подложку, можно получить высокий коэффициент использования материала, что особенно важно при нанесении дорогостоящих материалов. При прочих равных условиях это также увеличивает скорость роста пленки на подложке.

Третьей стадией осаждения тонких пленок является конденсация атомов и молекул вещества на поверхности подложки. Эту стадию можно условно

разделить на два этапа: начальный этап – с момента адсорбции первых атомов (молекул) на подложку до образования сплошного покрытия и конечный этап, на котором пленка однородно растет до заданной толщины.

Все испарители отличаются друг от друга по способу нагрева испаряемого вещества. По этому признаку методы нагрева классифицируются следующим образом: резистивный, индукционный, электронно-лучевой, лазерный и электродуговой.

Принцип работы ионных распыляющих устройств основан на таких физических явлениях, как ионизация частиц газа, тлеющий разряд в вакууме и распыление веществ путем бомбардировки ускоренными ионами.

Процесс распыления ионной бомбардировкой является «холодным» процессом, поскольку атомарный поток вещества на подложку создается путем бомбардировки поверхности твердого образца (мишени) ионами инертного газа и возбуждения поверхности атомов до энергии, превышающей энергию связи с соседними атомами.

Метод ионного распыления основан на бомбардировке мишени, изготовленной из осаждаемого материала, быстрыми частицами. Частицы, выбитые из мишени в результате бомбардировки, образуют поток осаждаемого материала, который осаждается в виде тонкой пленки на подложках, расположенных на некотором расстоянии от мишени.

Основными методами распыления ионной бомбардировкой являются: катодное распыление, магнетронное распыление, высокочастотное распыление, плазмоионное распыление в несамостоятельном газовом разряде.

**В четвертой главе** представлены результаты выявления следов рук методами вакуумного напыления тонких пленок, а именно, методом магнетронного напыления золота, методом термовакуумного напыления углерода и методом магнетронного напыления меди.

Магнетронное напыление золота проводится в вакууме. После ввода рабочего газа (аргона) в камеру и до установления равновесного состояния,

зажигается плазма, которая распыляет золотую мишень. Вылетевшие атомы золота осаждаются на поверхность образца.

В качестве исследуемых образцов для данного метода использовались: прозрачная и белая пластиковая пластина, белая и зеленая глянцевая бумага, латунная пластина и образец из нержавеющей стали с потожировыми следами рук.

На образце из прозрачной пластмассы и нержавеющей стали выявленные потожировые следы представляют собой островковый рост пленки без отобразившихся признаков строения папиллярного узора. Результаты эксперимента дают основание для вывода о том, что осаждение золотого нанопокрyтия позволяет выявлять потожировые следы человека на пластмассе, глянцевой бумаге, латуни, но не подходит для нержавеющей стали.

Процесс напыления углеродного покрытия также проводится в вакууме. Ток пропускают через углеродную нить, что приводит к ее взрывному испарению. В данном методе можно регулировать толщину напыляемого покрытия, выбирая толщину углеродной нити.

В качестве исследуемых образцов в данном методе использовались: белая матовая бумага, пластиковая линейка, желтая картонная бумага, стекло, прозрачная целлофановая пластина, металлическая фольга с потожировыми следами рук.

На стеклянном образце, пластмассовой линейке и белой матовой бумаге выявленные потожировые следы представляют собой пятна без отобразившихся признаков строения папиллярного узора. По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что напыление углеродного нанопокрyтия позволяет выявлять потожировые следы человека на прозрачной целлофановой пластине, на желтой картонной бумаге и на металлической фольге, но не подходят для матовой бумаги, стекла и пластика.

Магнетронное напыление меди происходит в вакууме. После того, как рабочий газ (аргон) вводится в камеру и устанавливается равновесное

состояние, зажигается плазма, распыляющая медную мишень. Вылетевшие атомы меди осаждаются на поверхность образца.

В качестве исследуемых образцов, применяемых в данном методе, использовались: прозрачная и белая пластины, оргстекло, стекло, глянцевая бумага с потожировыми следами рук.

По результатам эксперимента можно сделать вывод о том, что магнетронное напыление медного нанопокрyтия позволяет выявлять потожировые следы человека на стекле, оргстекле, глянцевой бумаге, прозрачной и белой пластинах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время методы выявления следов пальцев рук позволяют решать множество сложных и разнообразных задач. В данной работе было рассмотрено выявление следов рук методами термовакuumного напыления углерода и магнетронного напыления золота и меди.

При выполнении данной работы на основе данных, приведенных в литературных источниках, а также данных, полученных в ходе экспериментального исследования, были получены следующие результаты:

- были ознакомлены с основными методами вакуумного напыления тонких пленок;
- были ознакомлены с принципами работы установок ЕМТЕСН К450Х и ORION-40Т, и получены некоторые навыки работы на этих установках;
- были выявлены следы пальцев рук методами термовакuumного напыления углерода и магнетронного напыления золота, меди.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что магнетронное напыление золота является наиболее универсальным методом выявления следов рук, так как полученная пленка обладает высокой адгезией с поверхностью большинства образцов. Недостатком этого метода считается высокая стоимость осажденного материала, и при напылении очень тонких слоев золота, возможен островковый рост пленки, то есть получение неоднородного покрытия, что снижает качество получаемых результатов.

Напыление углеродного покрытия является доступным методом выявления потожировых следов рук, так как углерод является достаточно дешевым материалом. Недостаток данного метода состоит в том, что он является чисто лабораторным.

Достоинством магнетронного напыления меди является то, что, по сравнению с магнетронным напылением золота, он является более дешевым методом.