

Технология маркировки струнных музыкальных инструментов и смычков, в том числе относящихся к культурным ценностям, химическими метками разработана в соответствии с Поручением Президента Российской Федерации от 23.04.2019 Пр-708.

Цель работы: разработка технологии маркировки струнных музыкальных инструментов и смычков химическими метками для обеспечения надежной и оперативной идентификации инструментов при их перемещении через государственную границу в процессе таможенного контроля.

Достижение цели работы потребовало разработки новых наукоёмких технологий.

Были сформулированы следующие основные требования к химической маркировке музыкальных инструментов:

- безопасность по отношению к музыкальному инструменту во время маркировки, хранения и перемещения, а также при идентификации, что подразумевает отсутствие каких-либо искажений внешнего вида и акустических свойств маркируемых инструментов;

- индивидуальный набор идентификационных признаков для каждого маркируемого инструмента;

- высокая степень защищенности от подделки за счет уникального химического состава меток;

- инструментальный экспресс-контроль подлинности;

- сохраняемость композиционных маркировочных составов и их идентификационных признаков на поверхности музыкального инструмента не менее 10 лет;

- безопасность для здоровья персонала участвующего в маркировке, эксплуатации и контроле подлинности инструментов.

Основная научно-техническая идея

Сущность химической идентификационной маркировки состоит в нанесении визуально невидимых меток на поверхность музыкальных

инструментов, химические компоненты которых обладают уникальным комплексом спектральных характеристик, выступающих в качестве скрытых идентификационных признаков. Обнаружение и идентификация маркировок осуществляется специальными техническими средствами. Совокупность нескольких скрытых идентификационных признаков обеспечивает надежную многоуровневую защиту метки и маркируемого предмета от подделки и фальсификации.

Научная новизна работы состоит в следующем:

- *впервые в мировой практике* научно обоснована и экспериментально разработана технология идентификационной маркировки струнных музыкальных инструментов, включающая поликомпонентные химические составы, обладающие комплексом скрытых идентификационных признаков, способы и средства их нанесения, а также технические средства выявления и подтверждения подлинности маркировок;

- *впервые для идентификации объектов маркировки (музыкальных инструментов)* предложено использовать аппаратно детектируемые скрытые электромагнитные излучения химических соединений, входящих в состав маркировочных композиций;

- *разработан новый способ создания индивидуальных маркировок* на основе дисперсий микрокристаллических частиц люминофоров в отверждаемых компаундах, с образованием уникального для каждой метки хаотичного пространственного распределения микрочастиц, фиксируемого в виде электронного изображения и используемого в качестве эталонного образца сравнения;

- *обоснован подход к теоретико-информационной оценке безопасности маркировки* на основе оценки структурной сложности наносимых меток.

Экспериментальные исследования включали следующие основные этапы:

- синтез химических соединений, ответственных за формирование

идентификационных признаков, изучение их физико-химических и спектральных свойств;

- разработка композиционных маркировочных составов, обладающих уникальным комплексом идентификационных спектральных характеристик и средств их нанесения;

- разработка методик и технических средств идентификации маркировок;

**Результаты разработки синтеза специальных люминофоров,
ответственных за формирование идентификационных признаков
маркировки и исследование их физико-химических
и спектральных характеристик**

Всего в процессе проведения экспериментальных синтетических исследований было получено и охарактеризовано более 30 УФ-люминофоров из числа органических и металлоорганических комплексных соединений, а также более 50 УФ- и ИК-люминофоров из числа неорганических веществ.

При оценке физико-химических и спектральных свойств синтезированных люминофоров исследовались следующие характеристики: спектры возбуждения люминесценции; спектры люминесценции в видимой и ИК-областях; кинетика люминесценции; дисперсионный состав. По результатам этих исследований были отобраны 6 образцов неорганических люминофоров с оптимальным комплексом свойств на основе оксисульфидов редкоземельных элементов, в том числе, 3 УФ-люминофора и 3 ИК-люминофора. Один из образцов был оптимизирован по признаку наиболее эффективной фотостимулируемой модуляции люминесценции (ФСМЛ).

Результаты разработки композиционных маркировочных составов и методик их нанесения на музыкальные инструменты

С использованием синтезированных в настоящей работе химических соединений, обладающих уникальными спектральными и люминесцентными характеристиками, разработаны три композиционных маркировочных состава. Составы № 1 и № 2 предназначены для маркировки музыкальных инструментов, относящихся к культурным ценностям; состав № 3 – для маркировки инструментов, не относящихся к культурным ценностям.

Методики нанесения маркировок на музыкальные инструменты предусматривают два варианта (рисунок 1, 2).



Рисунок 1 - Процесс нанесения маркировки на внутреннюю поверхность нижней деки

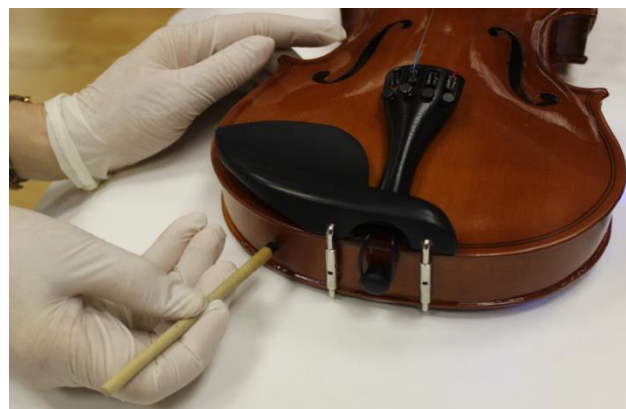


Рисунок 2 – Процесс нанесения маркировки на обечайку инструмента

Обнаружение и идентификации метки сопровождается звуковым и световым сигналами. Уникальный идентификационный признак метки – пространственное распределение микрочастиц люминофора – регистрируется портативным аппаратно-программным комплексом.

Результаты разработки технических средств выявления и регистрации идентификационных признаков маркировки

*Портативный детектор для оперативной регистрации
идентификационных признаков*

Детектор предназначен для идентификации химической метки, нанесенной на внутреннюю сторону нижней деки музыкального инструмента. Для визуализации скрытой маркировки на инструменте детектор обеспечивает УФ-подсветку.

Модульная конструкция детектора позволяет разрабатывать модификации детекторов с любым набором каналов облучения и регистрации или добавлять новые функции в ПО управления без изменения конструкции детектора.

Портативное спектрально-аналитическое устройство для оперативной регистрации идентификационных признаков

Устройство предназначено для регистрации химической метки, нанесенной на внутреннюю сторону нижней деки музыкального инструмента (рисунок 3, 4).



Рисунок 3 – Портативный детектор для регистрации идентификационных признаков маркировки



Рисунок 4 – Портативное спектрально-аналитическое устройство

Устройство в полуавтоматическом режиме обнаруживает и идентифицирует признаки подлинности метки, а также числовые значения спектрально-люминесцентного отклика метки в условиях наличия или отсутствия модулирующего излучения. Для визуализации скрытой маркировки на инструменте детектор обеспечивает УФ подсветку. Также детектор позволяет регистрировать эффект модуляции люминофора.

Для этого одновременно с некоторыми импульсами лазера с длиной волны 660 нм включается лазер с длиной волны 405 нм.

Портативный аппаратно-программный комплекс для регистрации пространственного распределения микрочастиц химической метки

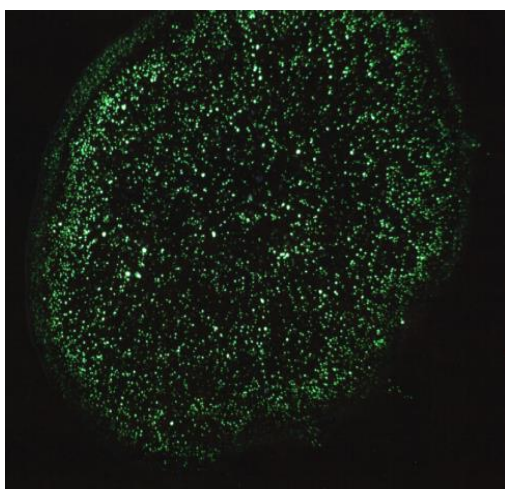
Комплекс предназначен для регистрации, записи в базу данных и считывания из нее индивидуальных признаков химической метки (пространственного распределения микрочастиц) и индивидуальных признаков конкретного музыкального инструмента (рисунок 5 - 7).



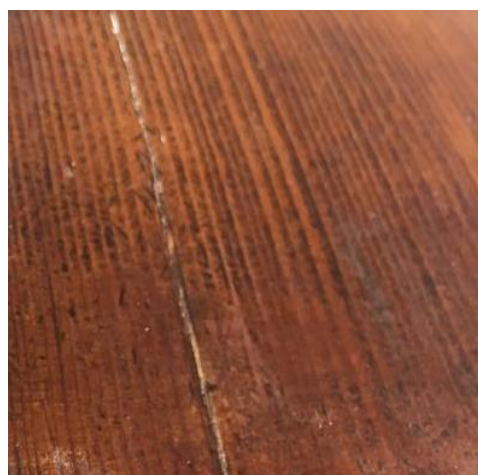
Рисунок 5 – Портативный аппаратно-программный комплекс



Рисунок 6 – Фотофиксация фрагмента поверхности музыкального инструмента с нанесенной химической меткой



а)



б)

Рисунок 7 – Фотографии микрочастиц химической метки – «звездного неба» (а) и текстуры поверхности музыкального инструмента (б)

В комплексе реализована специальная спектральная подсветка для визуализации химических меток. Комплекс позволяет определить подлинность музыкального инструмента за счет регистрации двух идентификационных признаков: пространственного распределения микрочастиц анализируемой метки (образ «звездного неба») и текстурных изображений предмета.

Установка динамического освещения и аппаратно-программный комплекс получения безбликовых изображений музыкальных инструментов

Установка динамического освещения предназначена для регистрации собственных уникальных признаков музыкального инструмента (рисунок 8).

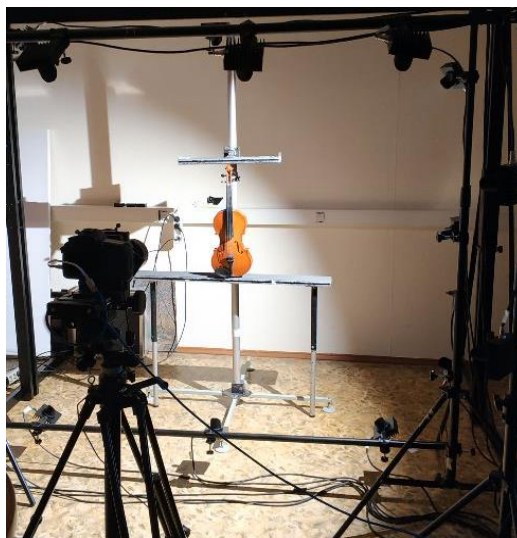


Рисунок 8 – Установка безбликовой съемки музыкальных инструментов

Аппаратно-программный комплекс получения безбликовых изображений предназначен для обработки фотографий, полученных с помощью установки динамического освещения, и получения безбликовых изображений музыкальных инструментов, использующихся в качестве цифровых двойников поверхностей инструментов.

Таким образом, в процессе выполнения работы разработаны маркировочные составы, средства их нанесения и инструментальной идентификации. Практическое значение полученных результатов состоит в возможности скрытой маркировки струнных, в том числе особо ценных,

музыкальных инструментов для защиты от фальсификации, а также в существенном упрощении и сокращении сроков проведения процедур таможенного контроля при пересечении границ России. Области потенциального применения данной технологии могут быть распространены на другие культурные и материальные ценности.

Приоритет результатов работы закреплён тремя патентами Российской Федерации на изобретение.

Реализация и перспективы использования результатов работы

Разработанная технология к концу 2022 года реализована при маркировке музыкальных инструментов ФГБУК «Государственный академический Мариинский театр», ФГБУК «Татарский академический государственный театр оперы и балета им. Мусы Джалиля», ФГБУК «Дом музыки», Государственного симфонического оркестра «Новая Россия» и других музыкальных коллективов. В настоящее время проведена маркировка свыше 150 единиц особо ценных струнных смычковых инструментов, отнесенных к культурным ценностям Российской Федерации.

Успешная разработка технологии химической маркировки музыкальных инструментов явилась технической предпосылкой для принятия Федеральных законов № 395-ФЗ от 12.12.2019 г. и № 477-ФЗ от 04.08.2023 г., а также Постановления Правительства РФ № 83 от 31.01.2024 г. об обязательной с 1 января 2024 года маркировке музыкальных инструментов, перемещаемых через государственную границу РФ. Это обстоятельство предопределяет перспективы использования результатов работы и широкий масштаб дальнейшего внедрения данной технологии и, соответственно, значительный социально-экономический эффект от ее практической реализации.

Социально-экономический эффект

Социально-экономический эффект от внедрения технологии маркировки и идентификации обосновывается существенным повышением

надежности и сокращением времени процедур подтверждения подлинности музыкальных инструментов, признанных культурными ценностями, за счет дополнения и, при необходимости, замены субъективной оценки со стороны уполномоченных экспертов-искусствоведов объективными данными инструментального аналитического контроля. Области применения данной технологии включают как таможенный контроль музыкальных инструментов при пересечении границ Российской Федерации, так и контроль подлинности особо ценных музыкальных инструментов внутри страны в рамках мероприятий по защите культурных ценностей. Разработанные средства маркировки и устройства ее оперативной идентификации могут найти применение в работе правоохранительных органов при контроле ввоза-вывоза декларируемых культурных ценностей, выявлении контрабанды и в других правоохранных ситуациях, связанных с перемещениями культурных ценностей. Таким образом, решена важная научно-практическая задача государственного значения.