

Чугуй Ю.В.

директор Конструкторско-технологического института
научного приборостроения Сибирского отделения РАН,
доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Сысоев Е.В.

сотрудник Конструкторско-технологического института
научного приборостроения Сибирского отделения РАН,
кандидат технических наук

Куликов Р.В.

младший научный сотрудник Конструкторско-технологического института
научного приборостроения Сибирского отделения РАН

Латышов И.В.

начальник кафедры трасологии и баллистики УНК ЭКД
Волгоградской академии МВД,
кандидат юридических наук, доцент

Кондаков А.В.

старший преподаватель кафедры трасологии и баллистики
УНК ЭКД Волгоградской академии МВД,
кандидат юридических наук

Васильев В.А.

преподаватель кафедры трасологии и баллистики
УНК ЭКД Волгоградской академии МВД,
кандидат химических наук

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ ПРОФИЛОМЕТРИИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Рассматриваются актуальные вопросы совершенствования технико-криминалистического обеспечения деятельности экспертных подразделений при производстве судебно-баллистических и трасологических исследований, связанных с изучением морфологии поверхности. Предлагаемый технический комплекс в совокупности с методикой позволяет автоматизировать процесс измерения и сравнения выявленных особенностей морфологии поверхности, что способствует повышению качества проводимых экспертными подразделениями исследований.

Ключевые слова: интерференционный микроскоп, профилометр, криминалистическая экспертиза, судебно-баллистическая экспертиза, трасология, морфология поверхности следа.

Yu. Chugui

Director of the Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering, Siberian
Branch of the Russian Academy of Sciences
DSc (Engineering), Professor
Distinguished Scientist of the Russian Federation

E. Sysoev

Senior research associate, Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences
PhD (Engineering)

R. Kulikov

Research assistant, Technological Design Institute of Scientific Instrument Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences

I. Latyshov

Head of the Department of Forensic Ballistics and Trace Evidence Analysis, Forensic Science and Criminalistics Training and Research Center, Volgograd Academy of the Russian Ministry of the Interior
PhD (Law), Assistant Professor

A. Kondakov

Senior lecturer, Department of Forensic Ballistics and Trace Evidence Analysis, Forensic Science and Criminalistics Training and Research Center, Volgograd Academy of the Russian Ministry of the Interior
PhD (Law)

V. Vasiliev

Lecturer, Department of Forensic Ballistics and Trace Evidence Analysis, Forensic Science and Criminalistics Training and Research Center, Volgograd Academy of the Russian Ministry of the Interior
PhD (Chemistry)

APPLICATIONS OF OPTICAL PROFILOMETRY IN FORENSIC CRIME SCENE INVESTIGATION

The paper deals with current challenges in improving the technical capabilities of forensic divisions in ballistic and trace evidence examinations focused on surface morphology. The proposed combination of equipment and methodology enables the automation of morphology measurement and comparative characterization, and thus contributes to ensuring the quality of forensic examinations.

Keywords: interference microscope, profilometer, crime scene investigation, forensic ballistic analysis, trace evidence examination, trace surface morphology.

Введение. Устойчивая тенденция усложнения криминогенной обстановки, рост внешних и внутренних угроз терроризма в стране требуют коренного улучшения деятельности правоохранительных органов, направленной на обеспечение надежной доказательной базы по уголовным делам. Одним из источников таких доказательств является криминалистическая экспертиза, которая позволяет получить информацию о преступнике, а также о месте и обстоятельствах преступления. Количество экспертиз, проводимых экспертно-криминалистическими под-

разделениями, растет ежегодно примерно на 10%, поэтому в современных условиях выполнение экспертизы должно быть максимально упрощено и предельно ускорено.

Научная разработка методик обнаружения, фиксации и исследования материальных следов, анализа закономерностей их образования на основе современных достижений естественных и технических наук привела к возникновению самостоятельной отрасли криминалистической техники – криминалистического учения о следах, или трасологии [1].

Изучению рельефа в криминалистике придается особое значение. Объясняется это тем, что микрорельеф каждого объекта индивидуален, поэтому внешнее строение каждого предмета является объективной предпосылкой его отождествления, а классификация микрорельефа по трем основаниям: возникновению, размерам и характеру распределения на поверхности объекта – является общей для различных объектов криминалистических исследований.

Для получаемой в результате экспертного исследования информации важна ее достоверность и научная обоснованность. Совокупность признаков внешнего строения объекта, выявляемая при проведении исследований традиционными для криминалистики методами, такими, например, как оптическая микроскопия, не всегда удовлетворяет эксперта и зачастую приводит к формулированию вероятностных выводов.

Процессы динамического развития судебных экспертиз в немалой степени определяются уровнем интеграции в них современных достижений естественных и технических наук. Это позволяет расширить предмет экспертных исследований, повысить эффективность используемых экспертных методик и снизить влияние человеческого фактора.

Следует сказать, что в судебно-баллистической и трасологической экспертизах, как сферах практической реализации криминалистических знаний, сегодня существует острая потребность в технике и оборудовании, способных обеспечить получение объективной и, главное, высокой точности информации о морфологических особенностях следов оружия на пулях и гильзах, следов орудий взлома, следов производственных механизмов и пр.

Согласно общей методике судебно-баллистических и трасологических исследований эксперт использует увеличенное изображение морфологии поверхности, полученное с помощью оптических средств, и в дальнейшем анализирует его визуально. При этом, несмотря на кажущуюся простоту метода, в процессе исследования нередко имеют место различного рода ошибки, природа которых в неверно выбранной приборной базе, погрешностях освещения, субъективных ошибках эксперта и т.д.

Как известно, любая контактная поверхность даже после самой совершенной обработки имеет микрорельеф (наноре-

льеф). И, несмотря на то что для оценки и нормирования шероховатости поверхности используется большое число параметров (в основном применяют ГОСТ 2789–73 и ГОСТ 27964–88) [2], данные значения в экспертных исследованиях помогут лишь только дать общее представление о рельефе поверхности изучаемых объектов, оценить качественно-количественную характеристику сравниваемых поверхностей не представляется возможным. Для адекватного сравнения перспективным можно считать создание математической модели топографии поверхности.

Все это позволяет говорить о проблемах совершенствования ресурса оптической микроскопии, который здесь, как представляется, по большей части исчерпан. Возможности же, например, профилометрических методов ограничены рамками характеристик приборной базы и заложенного в них принципа получения данных. Все это делает необходимым поиск новых технических средств и методик.

Таким образом, проведение исследований по установлению наиболее достоверных критериев оценки морфологии поверхности, а также разработки методик и устройств, позволяющих автоматизировать процесс их измерения и последующего сравнения, является актуальной задачей, направленной на повышение качества экспертных исследований.

В данной статье дается краткое описание автоматизированного интерференционного микроскопа-профилометра [3], работающего в двух режимах: микро- и наноизмерения, и приводятся результаты исследований морфологии поверхности некоторых объектов криминалистической экспертизы, выполненных на МНП-1.

Принцип действия и состав прибора. Прибор основан на принципах оптической интерферометрии и представляет собой сканирующий интерферометр частично-когерентного света. Методика измерения рельефа поверхности основана на регистрации и анализе набора интерферограмм, полученного в процессе сканирования поверхности вдоль оптической оси Z интерферометра. По набору интерферограмм для каждой точки измеряемой поверхности находится конечное множество значений функции $I(z)$, описывающей зависимость интенсивности светового потока от координаты z . Это множество в дальнейшем используется для получения измерительной



Рис. 1. Общий вид интерференционного микроскопа

информации и 3D-реконструкции профиля поверхности. Внешний вид интерференционного микроскопа приведен на рис. 1.

Автоматизированный интерференционный микроскоп-профилометр состоит из оптико-механического блока, контроллера управления и компьютера с программным обеспечением.

Оптико-механический блок содержит основание с кронштейном, на котором закреплен столик вертикального перемещения с интерферометром и горизонтальный двухкоординатный столик перемещения объекта исследования. Контроль перемещения интерферометра осуществляется при помощи оптической линейки, подключенной к контроллеру управления. Контроллер через интерфейс USB2.0 соединен с компьютером.

В качестве источника света в приборе используется галогенная лампа накаливания (светодиоды повышенной яркости), ток в которой управляется контроллером. Положением зеркала в опорном плече интерферометра можно управлять в небольших пределах от компьютера через контроллер. Интерферограммы регистрируются на ПЗС-камере и в темпе 30 кадров в секунду вводятся в компьютер, где производится их автоматическая обработка.

Измерение микрорельефа поверхности. Принцип работы прибора в режиме микроизмерения основан на получении и обработке дифференциальных интерферограмм [4].

Измерение микрорельефа поверхности выполняется методом сканирования объекта по глубине с заданным шагом. В процессе сканирования для каждого положения блока интерферометра регистрируются интерферограммы, по которым производится расчет и локализация зон интерференции. Результирующий сигнал $I(x,y)$ в каждой измеряемой точке поверхности рассчитывается в соответствии с выражением

$$I(x,y,z_i) = \sum_{j=1}^k A_j \{I_j^0(x,y) + I_j(x,y,z_i, \varphi_j)\}, \quad (1)$$

где (x,y) – координата, определяющая конкретную точку в зоне измерения (и соответствующий элемент изображения на ПЗС-камере);

j – номер интерферограммы;

k – число интерферограмм;

ψ_j – сдвиг фазы интерферограммы для j -го положения опорного зеркала;

$I_j^0(x,y)$ – среднее значение интенсивности в точке (x,y) ;

$I_j(x,y,z_i, \psi_j)$ – интерференционный член, зависящий от ψ_j и z_i ;

A_i – весовой коэффициент.

В результате обработки набора интерферограмм измеренный рельеф в конечном итоге представляется в виде двумерного массива высот $Z(x,y)$.

Программное обеспечение. Программное обеспечение интерференционного микроскопа поддерживает его работу в двух режимах: микро- и наноизмерения. Оно делится на два уровня.

Нижний уровень – это алгоритмы управления, функционирующие в контроллере электронного блока. Они обеспечивают интерфейс с верхним уровнем, управляют перемещением опорного зеркала, осветителем, питанием видеокамеры и вычисляют вертикальное положение интерферометра (координату z_i) по отсчетам линейного датчика положения.

Программное обеспечение верхнего уровня реализовано в виде оконного приложения на ПК и обеспечивает выполнение следующих основных функций:

Настройка основных параметров системы. В режиме настройки существует возможность регулировать параметры измерительных алгоритмов, алгоритмов 3D-реконструкции и ряд параметров визуализации.

Управление всеми элементами системы. Эта функция используется в режимах измерения и калибровки системы. Часть элементов системы управляется непосредственно с ПК, а часть – посредством диалога с контроллером электронного блока.

Измерение микрорельефа поверхности с синхронной 3D-реконструкцией. Режим измерения позволяет просматривать изображение с камеры в реальном времени, манипулировать осветителем и шаговым двигателем, настраивать ряд параметров алгоритмов измерения и 3D-реконструкции. Алгоритмы восстановления микропрофиля позволяют осуществлять 3D-реконструкцию практически синхронно с процессом измерения.

Визуализация 3D-модели поверхности. В режиме просмотра результатов измерения трехмерная модель поверхности отображается на плоскости экрана с некоторого ракурса. Параметры перспективы, угла зрения и положения наблюдателя, а также вида поверхности настраиваются с помощью управляющих элементов окна. В этом режиме имеется возможность задать плоскость сечения, измерить: линейные размеры элементов поверхности, шерохова-

тость на выбранном участке поверхности, перепад высоты между выбранными точками анализируемой поверхности, построения гистограмм распределения высот и т.д.

Постобработка результатов 3D-реконструкции. Доступны следующие функции постобработки: усреднение по площади, медиана по площади, интерполяция пропущенных точек, инверсия по вертикали, смещение по вертикали.

Основные технические характеристики разработанного прибора:

- диапазон измерений – от 0 до 10 мм,
- разрешение по глубине – 0.5 мкм,
- поперечное разрешение – 3.0 мкм,
- площадь измерения – до 2.3x2.3 мм², время измерения – 10 сек.

Как видно из вышеизложенного, технические характеристики и программное обеспечение прибора позволяют использовать его для решения широкого круга задач по исследованию морфологии поверхности. Это создает широкие возможности получения нового качества криминалистически значимой информации при исследовании широко распространенных в практике судебно-баллистических и трасологических экспертиз объектов – пуль, гильз, следов орудий взлома и пр. Одним из важных параметров процесса измерения (прибора) является возможность автоматического измерения рельефа поверхности с большой величиной разброса интенсивности отраженного (рассеянного) света по измеряемой площади.

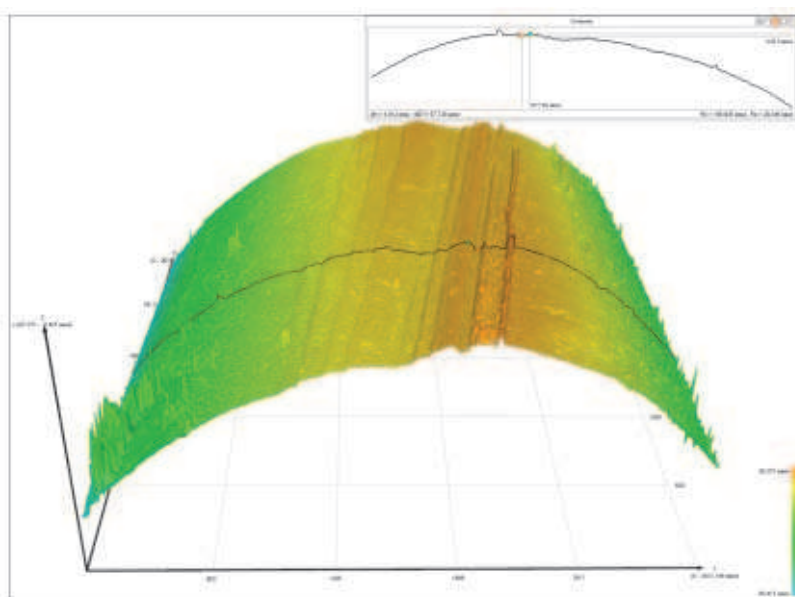


Рис. 2. Морфология поверхности следа поля нареза на пуле и профиль по сечению, полученные с помощью МНП-1

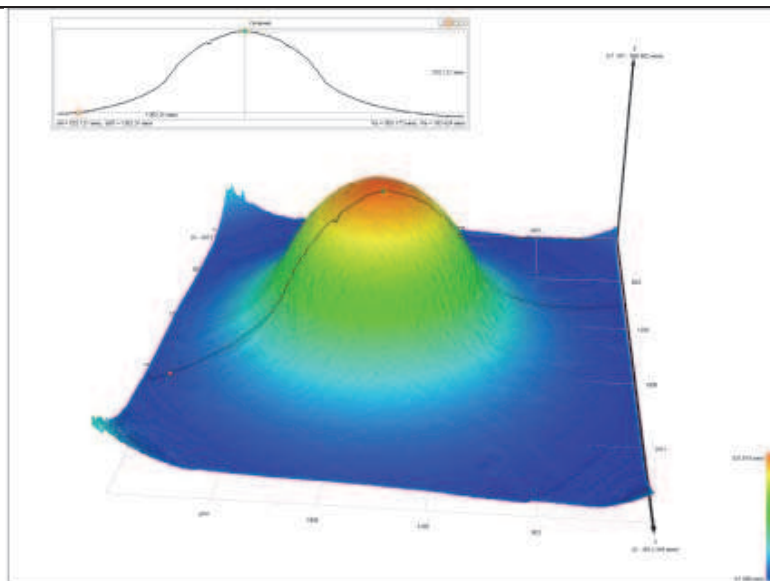


Рис. 3. Морфология поверхности и профиль по сечению следа бойка на капсюле гильзы (обратное изображение), полученные с помощью МНП-1

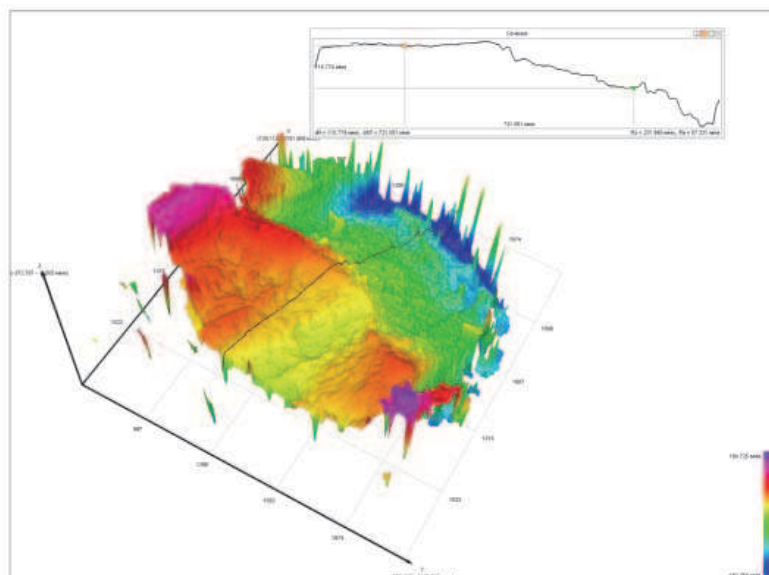


Рис. 4. Морфология поверхности следа перекуса и профиль по сечению, полученные с помощью МНП-1

Экспериментальная проверка возможностей использования интерференционного микроскопа-профилометра белого света МНП-1 при проведении криминалистической экспертизы была выполнена с использованием стреляных гильз, пуль, объектов со следами перекуса и скольжения. На рисунках 2–5 представлены результаты измерения и 3D-реконструкции характерных (выбранных) участков поверхности со следами воздействия некоторых объектов, полученные в процессе экспериментов.

Результаты экспериментов показали, что применение оптического интерферен-

ционного микроскопа-профилометра позволит:

- измерять и анализировать качественно-количественные характеристики рельефа исследуемой поверхности применительно к объектам экспертных исследований;
- оперировать полученными математическими моделями поверхности исследуемых объектов в решении идентификационных задач;
- качественно улучшить процесс сравнительного исследования и его визуализацию при проведении судебно-баллистических и трасологических экспертиз.

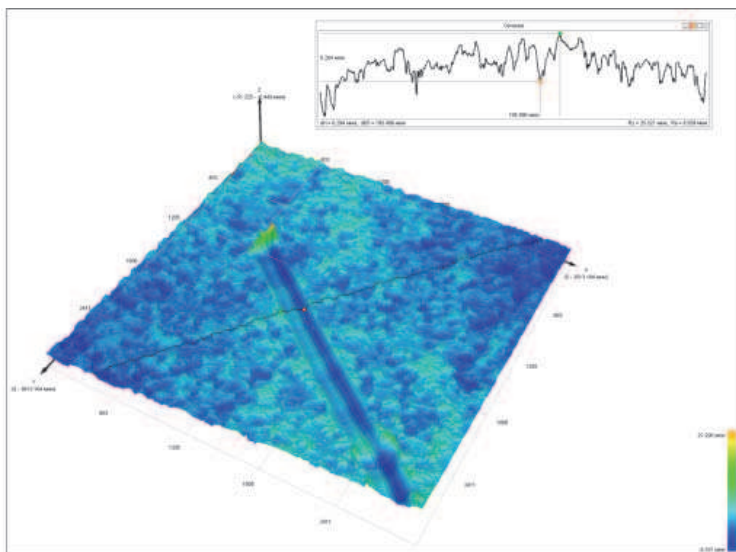


Рис. 5. Морфология динамического следа скольжения и профиль по сечению, полученные с помощью МНП-1

Сегодня внедрение оптического интерферометра в экспертную практику требует адаптации его инструментальной базы к решению идентификационных и диагностических экспертных задач, разработки методических рекомендаций по исследованию объектов судебно-баллистической и трасологической экспертиз. Для этого

необходимы совместные усилия инженерных работников и экспертов-криминалистов.

Литература

1. Трасология и трасологическая экспертиза: учебник / под ред. И.В. Кантора. – М.: ВА ИМЦ ГУК МВД России, 2002. – 376 с.

2. Выполнение измерений параметров шероховатости поверхности по ГОСТ 2789–73 при помощи приборов профильного метода / сост. Б.Н. Хватов. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 24 с.

3. Сысоев Е.В., Выхристюк И.А., Куликов Р.В., Поташников А.К., Разум В.А., Степнов Л.М. Интерференционный микроскоп-профилометр // Автометрия. – 2010. – Т. 46. – № 2. – С. 119–128.

4. Сысоев Е.В., Голубев И.В., Чугуй Ю.В. Измерение поверхностных дефектов на основе низкокогерентной интерферометрии // Датчики и системы. – 1999. – № 6. – С. 25.