



и присутствием порой достаточно выраженных серий трасс от запрессовки пули в гильзу.

Результаты отстрела показали, что трассы от однократной маркировки достаточно мелкие и могут маскироваться трассами от запрессовки пули в гильзу. Один из путей повышения выраженности трасс заключается в увеличении глубины и ширины зоны лазерной маркировки. На рис. 3 и 4 приведены результаты отстрела стволов, содержащих в качестве маркирующих элементов линии лазерной маркировки шириной 50 мкм и 1 мм соответственно. Линии получены путем многократного сканирования лазерным лучом рабочей поверхности канала ствола. Видно, что с увеличением ширины маркируемой зоны трассы получаются более выраженными, принципиально упрощая процедуру сравнения следов и совмещения.

Таким образом, наши исследования показали возможность идентификации стволов нарезного оружия с полигональными нарезками путем маркировки излучением импульсных волоконных лазеров внутренней поверхности ствола. Из результатов экспериментов следует, что для решения задачи идентификации оружия по следам на выстреленных пулях трассы от маркировок канала ствола должны образовывать группы из нескольких трасс шириной  $50 \pm 15$  мкм и двух-трех «грубых» трасс большей ширины. Проведенные исследования следует рассматривать только как

первый шаг в решении задачи нанесения лазерной маркировки на внутреннюю поверхность канала ствола. Необходимо продолжить работы по направлениям, связанным с исследованием влияния маркировки на ресурс ствола, износостойкости маркирующих символов при решении задач идентификации стрелкового оружия большего калибра, эффективности лазерной маркировки в образцах оружия при отстреле пуль с напыленными покрытиями и т. д.

#### Примечания

- 1 См.: Комаринец Б. М. Идентификация огнестрельного оружия по выстреленным пулям // Методика криминалистической экспертизы. Вып. 3. М., 1961.
- 2 См.: Федоренко В. А. [и др.]. Применение лазерной маркировки для идентификации оружия по следам на выстреленных пулях // Судебная экспертиза. 2008. № 1. С. 17–24.
- 3 RU № 2094732, F41 A21/00, 1997
- 4 См.: Федоренко В. А. [и др.]. Применение лазерной маркировки для идентификации оружия по следам на выстреленных пулях ; Патент на изобретение. Способ маркировки оружия. № 2373476. Россия, 20.11.2009.
- 5 См.: Трение, изнашивание и смазка : справочник : в 2 кн. / под ред. И. В. Крагельского, В. В. Алисина. М., 1978. Кн. 1.
- 6 См.: Сапрыкин Л. Г. Лазерная маркировка и гравировка // Оборудование. Регион. № 4(21). 2006. С. 35–36.

УДК 343.98

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПО СЛЕДАМ НА ПУЛЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕРЕНИЯ ТОПОГРАФИИ МИКРОНЕОДНОРОДНОСТЕЙ И КОРРЕЛЯЦИИ. ОБЪЕДИНЕНИЕ МИКРОСКОПИИ И СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Р. Томпсон, В. Чу, Дж. Сонг\*

Национальный институт стандартов и технологий, США

E-mail: robert.m.thompson@nist.gov

\*E-mail: jun-feng.song@nist.gov

В настоящее время идентификация огнестрельного оружия основывается на сравнении изображений с помощью сравнительных микроскопов. Эффективность идентификации зависит от качества изображения сравниваемых следов, которое сильно зависит от условий освещения. Баллистические следы по своей природе представляют собой геометрическую микротопографию, поэтому главной целью работы является демонстрация полезности методов измерения топографии поверхности следов для идентификации оружия. К тому же объективный, основанный на математических расчетах метод ввода данных и сравнения позволяет показать научную основу идентификации огнестрельного оружия по следам.

**Ключевые слова:** криминалистика, уникальность следов на пулях, баллистическая идентификация, справочные материалы



(СМ), стандартизованные гильзы, топографические измерения, Национальный институт по стандартам и технологиям (НИСТ).

#### Bullet Signature Identification Using Topography Measurements and Correlations. Unification of Microscopy and Objective Statistical Methods

R. Thompson, W. Chu, J. Song

Current firearm identification is based on image comparisons using optical comparison microscopes. The ability to produce an accurate identification depends on image quality which is largely affected by lighting conditions. Because ballistic signatures are



geometrical micro-topographies by nature, the main objective is to demonstrate the usefulness of surface topography measurement techniques for firearm identification. Additionally, an objective mathematically based acquisition and comparison method would help demonstrate the foundation of the science of firearm and toolmark identification.

**Key words:** forensic science, bullet signature, ballistics identification, standard reference material (SRM), standard cartridge case, topography measurement, NIST.

### Brief Methodology

A 2D and 3D Topography Measurement and Correlation System was developed at NIST for certification of NIST Standard Reference Material (SRM) 2460/2461 Bullets and Cartridge Cases. Based on this system, a prototype system for signature measurement and correlation of fired bullets has been recently developed at NIST for bullet identifications. The 3D topography data of the land engraved areas (LEAs) of fired bullets are captured by a commercial confocal microscope. The LEAs were processed by the «edge detection» method to determine the «striation density». Then surface areas with low striation density on the LEA could be masked out from correlation. The modified 3D micro-topography data on the remaining «valid correlation areas» are compressed into a 2D profile which represents the 2D ballistics signature of the LEA. A correlation program using two methods has been developed for matching the paired profile signatures: the «CMS» (Consecutive Matching Striae) method used by many firearm examiners and the  $CCF_{max}$  (cross correlation function maximum) method developed by NIST, based on analysis methods in surface metrology. The CMS criteria were applied to topography images here and not to traditional reflectance microscopy images.

### Summary of Results

In July 2010, a set of 20 known-matching bullets fired from ten consecutively manufactured barrels (two bullets from each barrel) were tested. Their 3D topography images were captured by the

confocal microscope at NIST, and correlated by the prototype ballistics identification system using the cross-correlation function maximum ( $CCF_{max}$ ) as a correlation indicator. The correlation result was excellent: correlation values of all ten pairs of known-matching bullets scored highest on all correlation lists, yielding a correct identification rate of 100%. For the 60 pairs of matched LEAs (each bullet includes six LEAs), correlation values of matching LEAs scored highest on 59 out of 60 correlation lists, yielding a correct identification rate for individual LEAs of 98,3%.

In August 2010, an additional set of 15 unknown matching bullets fired from the same set of 10 barrels was blind tested. These bullets were correlated with the 20 known-matching bullets mentioned above, making the total number of correct matching pairs equal to 30 ( $15 \times 2$ ). Both the CCF and CMS method were used and showed excellent correlation results. When using the CMS method, one matching pair did not meet the selected CMS criterion (3X) for a «match», but 29 out of 30 pairs of matching bullets were correctly identified, yielding a correct identification rate of 96,7%. When using the CCF method, all 30 pairs of matching bullets scored at the topmost position on their respective correlation lists, yielding a correct identification rate of 100%. The comparable performances of both mathematical models point to the potential unification of decades of CMS empirical data and new surface metrology systems.

### General Conclusions

A prototype bullet signature identification system is developed at NIST based on a commercial confocal microscope and the NIST Topography Measurement System. Initial tests using a set of 20 known-matching bullets fired from 10 consecutively manufactured barrels, and a set of 15 unknown matching bullets fired from the same set of barrels, have produced correlation results having excellent accuracy with no false-positive misidentifications.