

УДК 535.015

ЗАЩИТНЫЕ МЕТКИ ВЫСОКОЙ ЕМКОСТИ НА ОСНОВЕ КРЕМНИЕВЫХ НАНОАНТЕНН

Кустов П.Н. (Университет ИТМО), Петрова Е.А. (Университет ИТМО),
Сандомирский М.П. (Университет ИТМО)
Научный руководитель – к. ф. - м. н. Зуев Д.А.
(Университет ИТМО)

В данной работе продемонстрировано создание физически не клонируемой защитной метки с многоуровневой аутентификацией на основе резонансных наночастиц кремния. Методом лазерной абляции был получен образец метки, показана возможность лазерной перезаписи и разработаны алгоритмы аутентификации.

Введение. Контрафакт является одной из глобальных проблем современного мира. Количество поддельных товаров растет, что приводит к финансовым потерям как для компаний, так и для потребителей. Основным способом борьбы с контрафактом является создание эффективных защитных меток.

Самыми распространёнными решениями среди защитных меток на данный момент являются водяные знаки, голограммы и УФ-метки. Однако для лучшего уровня защиты разрабатываются нанофотонные метки, которые могут быть считаны только в лабораторных условиях. Большинство таких меток основано на детерминированных процессах. Это значит, что обладая знаниями о технологии производства и имея нужное оборудование злоумышленник может создать копию метки.

Чтобы решить эту проблему начали создаваться защитные метки, основанные на стохастических (недетерминированных) процессах. Такие метки называются физическими не клонируемыми, их невозможно подделать, воссоздав процесс производства.

Цель работы заключалась в разработке физически не клонируемой защитной метки высокой емкости из доступных материалов. Таким материалом является кремний, что в совокупности с использовавшимся методом лазерной печати делает производство метки простым и доступным.

Основная часть. Создание образца метки проводилось методом лазерной абляции кремниевой пленки толщиной 30нм в импульсном режиме. Кремниевая пленка и стекло располагались на расстоянии ~ 90 микрометров, при лазерном воздействии на кремниевую пленку на стеклянной подложке образовывались массивы наночастиц кремния.

Результатом одноимпульсной лазерной абляции является массив сферических наночастиц разных размеров. Помимо этого, от массива к массиву наблюдаются уникальные узоры расположения наночастиц. Согласно теории Ми, цвет резонансной наночастицы кремния зависит от ее радиуса. Сравнение расположений и цветов наночастиц на фотографии проверяемой метки и фотографии из базы является одним из этапов аутентификации метки. На первом шаге с помощью машинного зрения фотографии сравниваемых меток поворачиваются и сдвигаются так, чтобы они максимально совпадали. На втором шаге к обеим фотографиям применяется алгоритм k-средних, который преобразует фотографии к виду матрицы, каждый элемент которой принимает одно из k значений. Затем матрицы сравниваются. Если процент совпавших значений больше порогового значения, метка подлинная. Пороговое значение было определено с помощью статистического анализа и сравнения фотографий одной и той же метки и разных меток при разных условиях.

Также каждая частица массива имеет свой процент кристалличности. Процент кристалличности определяется из графика комбинационного рассеяния суперпозицией графиков для полностью кристаллического и аморфного кремния. Сравнение процентов кристалличности некоторых частиц является следующим этапом аутентификации метки.

Другой характеристикой наночастицы является спектр рассеяния дальнего поля, который может быть переведен в хромокоординаты. Это позволяет при аутентификации дополнительно сравнивать спектры наночастиц, находящихся в одинаковых координатах.

Основной характеристикой физически не клонируемых защитных меток является емкость – характеристика, описывающая количество различных меток данного типа. Чтобы считаться физически не клонируемой, метка должна иметь емкость более 10^3 . Созданная в процессе работы защитная метка на основе резонансных наночастиц кремния с многоуровневой аутентификацией имеет емкость более 10^4 .

Дополнительно в ходе исследования была продемонстрирована возможность перезаписи метки. Было показано, что с помощью фемтосекундного лазера можно изменить спектры рассеяния отдельной частицы, процент кристалличности или даже полностью удалить частицу.

Выводы. В ходе работы методом лазерной абляции был создан образец кремневой защитной метки с большой емкостью и многофакторной аутентификацией. Разработано программное обеспечение, позволяющие сравнивать метку и данные в базе, таким образом определяя, является ли метка оригинальной или поддельной.

Также была показана возможность лазерной перезаписи метки. Такая необходимость может возникнуть в случае, если в будущем развитие технологий позволит печатать одиночные кремниевые наночастицы заданной формы и размера в заданных координатах. В таком случае при похищении базы данных метку можно будет скопировать. Однако с помощью технологии перезаписи метка может быть легко изменена в случае утечки данных.

Благодаря своей большой емкости данная метка может быть использована для защиты ценных объектов от подделки, например: ювелирных изделий, произведений искусства или лекарств.

Петрова Е.А. (автор)

Подпись

Зуев Д.А. (научный руководитель)

Подпись