

Информация о соотношении сигнал/помеха в канале третьей гармоники в принципе может использоваться для автоматической идентификации обнаруженного объекта. Однако, как следует из [5], пока не представляется возможным установить обоснованное значение порога различения настоящего и ложного полупроводника. Поэтому идентификация объекта представляет собой самостоятельную задачу, решаемую оператором после обнаружения.

Литература: 1. http://www.elvira.ru/_files/katran.pdf. Новый нелинейный лоцатор "Катран" от ЗАО "Элвира". 2. Смирнов В., Ситник А., Кашуба А. Потребительские характеристики нелинейного лоцатора // Третья научно-технічна конференція "Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні". Тези доповідей – К: ІВЦ "Політехніка", 2001. – с. 106–107. 3. Иган Дж. Теория обнаружения сигналов и анализ рабочих характеристик / Пер. с англ. – М.: Наука, 1983. – 216 с. 4. Брандт З. Статистические методы обработки результатов наблюдений / Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 312 с. 5. Семенов Д. В., Ткачев Д. В. Нелинейная радиолокация: концепция NR. Специальная техника, 1999, № 3. с. 1722.

УДК 681.3

ЗАХИСТ НОСІВ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ РАДІОІЗОТОПІВ

Іван Пающик, Вячеслав Шорошев
НДІ НАВСУ

Анотація: Висвітлюються способи і засоби захисту носіїв інформації з використанням радіоактивних ізотопів та їх експериментальна перевірка.

Summary: Ways and means of protection of data carriers with use of radioactive isotopes and their experimental check are shined (covered).

Ключові слова: Радіоактивна мітка, кодовані, специфічні мітки.

І Вступ

Стаття присвячена актуальній проблемі створення пріоритетних вітчизняних конкурентноспроможних інформаційних технологій забезпечення універсального зчитуваного машиною технічного захисту матеріальних носіїв інформації, фізичної безпеки комп'ютерних систем (КС) з регламентованими рівнями гарантії безпеки Г-1...Г-7, розмежування доступу до КС та маркування художніх історичних та інших цінностей України з метою забезпечення зберігання і недопущення незаконного їх вивезення за кордон шляхом використання безпечних для здоров'я людини кодованих радіоактивних міток.

II Постановка задачі

Мета і задачі проведених досліджень досягаються шляхом вирішення наступних задач:

- аналіз стану проблем захисту носіїв інформації;
- вибір напрямку розробки способів захисту носіїв інформації з використанням радіоактивних ізотопів;
- аналіз довідково-теоретичних та практичних відомостей з прикладної ядерної фізики для розробки та дослідження нових способів захисту, що задовольняють вимогам та нормам радіаційної безпеки;
- аналіз та вибір системотехнічних основ для розробки нових апаратних засобів захисту носіїв інформації з використанням радіоактивних ізотопів;
- обґрунтування радіаційної безпеки засобів захисту та технології маркування;
- рекомендації щодо застосування способів захисту матеріальних носіїв інформації, предметів, документів, товарів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- на основі комплексного підходу розроблено *новітні* універсальні, латентні, зчитувані машиною способи захисту матеріальних носіїв інформації, документів, предметів, товарів тощо за допомогою радіоактивних ізотопів слабкої активності;
- розроблено *нові прилади* для нанесення та візуалізації кодованих міток в реальному часі;
- розроблено новий аспект *інтерпретації параметрів* реєстрації розсіяного корпускулярного випромінювання для зчитування специфічних міток плоских та круглих поверхонь, їх подальшої ідентифікації за стійкими загальними та частковими критеріями з використанням методів математичної статистики;

- розглянуто ідею та визначено можливість позиційно реєструвати радіоактивне випромінювання матрицею напівпровідникових приладів із зарядовим зв'язком (НПЗЗ) – мінітелекамерою.

Використано також унікальні властивості радіоізотопів з γ -випромінюванням для:

- ідентифікації і автентифікації користувача КС;
- маркування предметів конфіденційного характеру та їх подальшої ідентифікації на невеликій відстані;
- зчитування радіоактивної мітки при її невеликому пошкодженні, що полегшує проведення розшукових робіт.

Дані способи захисту носіїв інформації відносяться до так званих машинопов'язаних засобів захисту інформації і можуть бути конкретизовані щодо певної системи захисту, ПЕОМ, серверу, бази даних (банків даних) з деталізацією до елемента конфігурації системи.

III Основна частина

Одним із засобів боротьби з підробками документів, предметів, товарів шляхом підмін або крадіжок є їх маркування. Ця проблема може бути вирішена шляхом нанесення на матеріальний носій інформації, предмет посягання спеціальної мітки (маркера), яка в подальшому може служити засобом встановлення підробки носіїв інформації, предметів [1].

Проведений аналіз захисних ознак показує, що вони досить ефективні, але при сучасному рівні технологій, досить високому інтелектуальному рівні злочинців та великому асортименті копіювальної, обчислювальної техніки, доступної широкому загалу людей, існуючі способи захисту не завжди забезпечують захищеність носіїв інформації, цінних паперів та предметів від підробок, підмін, імітації та неправомірного використання.

У світовій практиці за останні роки для маркування носіїв інформації, цінних предметів, паперів, пластикових кредитних карток все частіше використовують радіоактивні речовини [2, 3]. Сутність методу, запатентованого в США [2], полягає у введенні радіоактивного ізотопу відповідної активності в структуру предмету, що маркується.

Активність мітки, тип ізотопу, її координати є ідентифікаційними параметрами і заносяться до спеціального каталогу. До недоліків даного методу можна віднести: необхідність звернення до каталогу, корекцію на розпад ізотопу, невисоку точність вимірювання остаточної активності і, як наслідок, збільшення часу ідентифікації та можливість втрати мітки.

Сутність методу, запатентованого у Франції [3], полягає у введенні радіоактивного ізотопу в спеціально просвердлений канал предмету, що маркується, з наступним його маскуваням. Недоліком даного методу є:

- досить висока активність і вид випромінювання (рентгенівське або гама-випромінювання) в залежності від матеріалу предмету;
- можливість знайдення мітки;
- руйнація структури об'єкту, що маркується, та недостатність ідентифікаційних ознак;
- можливість підробки [4].

У статті використано основні характеристики α -, β -, γ - випромінювань та більш детальні характеристики і властивості β -випромінювань, які знайшли поширене використання в техніці та промисловості [5–8] завдяки:

- простим детекторам зчитування випромінювання майже із 100% ефективністю;
- досить великій кількості поєднань виробів з радіонуклідами;
- наявності “чистих” колімованих бета-мікрровипромінювачів з довжиною контейнера 2.8 мм, діаметром 0.8 мм, діаметром колімаційного отвору 0.4 мм;
- більш безпечному для здоров'я людини, аніж гама або нейтронне;
- відсутності складних пристосувань для захисту від випромінювання.

Для виключення помилок першого та другого типів відношення корисного сигналу до фону прийнято рівним 30. Для газорозрядних торцевих детекторів реєстрації випромінювання (лічильників) (СБТ-9, СИ-19М-Б) власний фон дорівнює 0,1 імп./с. З урахуванням помилок першого та другого типів перевищення корисного сигналу над фоном має сягати 30–40 разів, що дорівнює корисному сигналу 3...4 імп./с. Діаметр мітки з урахуванням ефекту самопоглинання дуже малий, тому мітка приймається за крапку [9].

Геометричний коефіцієнт торцевого лічильника $G = \frac{\Omega}{4\pi}$, де Ω – тілесний кут, при якому частки, що вилетіли, досягнуть віконця лічильника. Якщо замінимо тілесний кут на лінійний, то

$$\frac{\Omega}{4\pi} = \frac{2\pi(1 - \cos \alpha)}{4\pi} = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{b}{\sqrt{b^2 + r^2}}\right). \quad (1)$$

Для діаметра віконця $d = 5$ мм і відстані $b = 2$ мм

$$G = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{2}{\sqrt{2^2 + 2,5^2}} \right) = 0,187.$$

При ефективності реєстрації β -випромінювання з енергією 50 кеВ, рівній 100%, знаходимо активність однієї мітки

$$Q = N_{\text{імп./с}} / 0,187 = 4/0,187 = 21,3 \text{ Бк.}$$

Найбільш безпечний ізотоп – C^{14} є "чистим" β -випромінювачем з максимальною енергією β -випромінювання $E_e = 156,1$ кеВ і середньою енергією 49,3 кеВ, відношенням середньої енергії до максимальної $E/E_e = 0,316$. Поряд з лінійним пробігом, рух часток у речовині характеризується **масовим пробігом** – R_m , що має розмірність грам на сантиметр квадратний. Він дорівнює масі речовини, що знаходиться в циліндрі висотою R і одиничною поверхнею поперечного перетину

$$R_m = \rho R, \quad (2)$$

де: ρ – щільність речовини, г/см³.

Головна особливість масового пробігу – слабка залежність від складу речовини. Це використовується для розрахунків лінійних пробігів в одних речовинах за масовими пробігами в інших. Масовий пробіг моноенергетичних електронів розраховується за емпіричними формулами:

$$R_m = 0,407 E_e^{1,38}, \quad \text{для } E_e < 0,8 \text{ МеВ}, \quad (3)$$

$$R_m = 0,542 E_e^{-0,133}, \quad \text{для } E_e > 0,8 \text{ МеВ}, \quad (4)$$

Масові пробіги електронів приблизно однакові в усіх середовищах. Це дає можливість зробити оцінку лінійного пробігу в різних речовинах.

Лінійний пробіг R_b в повітрі ($\rho = 1,29 \cdot 10^{-3}$ г/см³ – щільність повітря) β -часток C^{14} з енергією 50 КеВ складає: $R_b = R_m/\rho = 0,00652/1,29 \cdot 10^{-3} = 5$ см, що в 25 разів перевищує відстань від радіоактивної крапки до віконця детектора реєстрації.

Товщина слюдяного віконця детектора – 1,5–2,0 мкм. Поглинання і розсіювання β -часток у повітрі (на шляху від випромінювача до віконця детектора) і у віконці детектора не враховуються через незначний вплив на визначення активності мітки. Ефект самопоглинання найбільше впливає на величину поправного коефіцієнта для визначення активності мітки. Використовуємо криву поправок на самопоглинання [6] при товщині носія мітки в діапазоні від 8 до 12 мг/см² і знаходимо активність мітки з урахуванням поправки – (0,2):

$$Q = \frac{21,3}{0,2} \approx 100 \text{ Бк.}$$

Дослідами доведено, що активності ($Q \approx 100$ Бк) достатньо для впевненої реєстрації мітки [2, 4, 5]. Мітки наносяться хімічним, фізичним, електроіскровим, іоно-плазмовим способом у двійкових або геометричних кодах з реперними крапками. Для зчитування кодованих міток розроблено вузли з газорозрядними і напівпровідниковими детекторами реєстрації випромінювання та прилади на їх основі [5]. Пропонується спрощена реалізація даного способу захисту носіїв інформації шляхом внесення радіоактивних індикаторів (РАІ) в інфрачервоні абсорбери, флюоресцентні препарати, фарби, які відповідають окремим елементам друкованих цінних паперів. Спрощена реалізація способу частково здійснена на поліграфічному обладнанні і фарбах Інституту спеціальних видів друку Держзнаку України з позитивним результатом.

Використано методи абсорбції та реєстрації зворотного розсіяного β -випромінювання для розпізнання різнопитомих вкраплень, нанесених на носій інформації та предмет (табл. 1, 2), а також зчитування специфічних міток, нанесених на плоских та сферичних поверхнях.

Таблиця 1 – Радіоізотопи, що використовуються для визначення товщини тонких шарів вкраплень та зчитування специфічних міток [7]

Радіоізотоп	Макс. енергія β -випром., МеВ.	Макс. пробіг в Al, мг/см ²	Масовий пробіг, мг/см
C^{14}	0,15	25	0,3–8
S^{35}	0,17	31	0,3–8
Pm^{147}	0,23	53	0,8–20
Ca^{45}	0,26	65	0,8–20
Cs^{137}	0,52	183	2–80
Tl^{204}	0,76	301	3–150
Sr^{90}, Y^{90}	2,26	– 1100	5–600
Ce^{144}, Pr^{144}	3,01	– 1500	6–800

Товщину шару речовини, перевищення якої приводить до зміни потоку (відбитих) електронів, називають **товщиною насичення** або товщиною зворотної дифузії.

Таблиця 2 – Товщина насичення (d_n , мкм) деяких речовин при різних β -випромінювачах

Речовина	Джерела бета-часток				
	C-14	P _m -147	Tl-204	Ra	Sr-90+ Y-90
Al, Pb, Pt, Ta, W	1,6	2,4	12,5	17,5	37,5
Бронза, сталь мідь, нікель	4	6	17	62	125

На рис. 1–3, наведено дослідні результати, отримані шляхом зчитування дискретної інформації (реєстрація розсіяного зворотного випромінювання) з сферичної поверхні (що опромінюється β -випромінювачем Tl²⁰⁴), міченої чотирма специфічними мітками: кількість крапок по колу – 108; кількість перетинів – 6; кількість кроків між перетинами – 30; кількість накопичень замірів однієї крапки – 40; кількість замірів одного перетину – 40 [8, 15].

В результаті розрахунків одного перетину циліндричної поверхні із нанесеними специфічними мітками додатково до коефіцієнту кореляції, описаного в [8], визначаємо суму всіх математичних очікувань кількості зареєстрованих імпульсів, суму значень глибин та ширин специфічних міток на всіх перетинах і сукупність цих значень параметрів у встановленому довірчому інтервалі записуємо в архів та автоматично порівнюємо з архівними специфічними мітками.

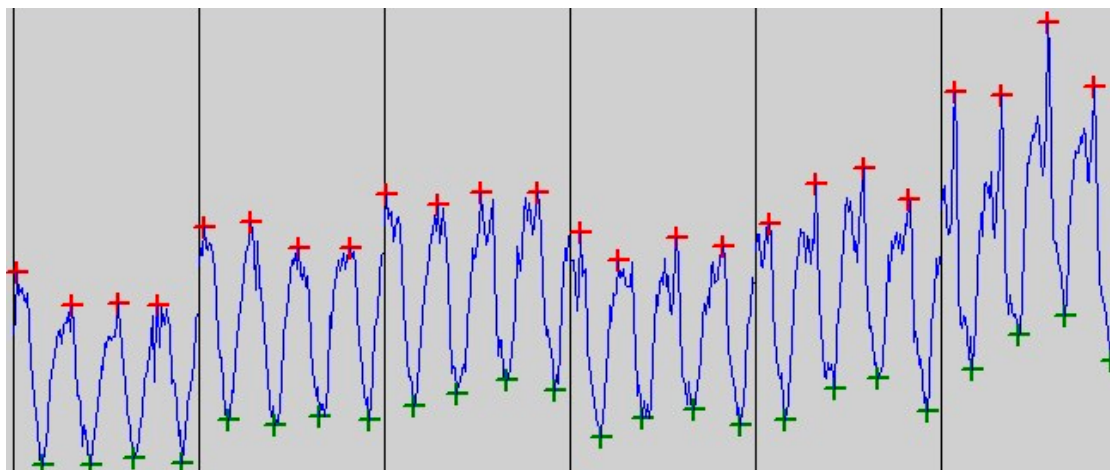


Рисунок 1 – Дослідне нормоване представлення знятої інформації про специфічні мітки однієї і тієї ж циліндричної поверхні (хрестиками позначено екстремуми)



Рисунок 2 – Розраховані значення глибин – h і ширин – s одного перетину (розмірів специфічної мітки) за результатами, отриманими дослідним шляхом

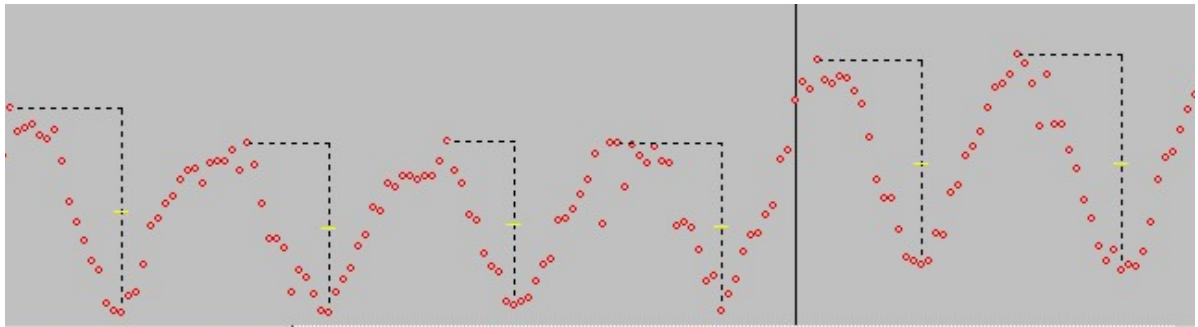


Рисунок 3 – Експериментальні дані для визначення глибин і ширин специфічних міток

Спосіб реєстрації зворотного розсіяного випромінювання можливо використовувати для якісної і кількісної оцінки чистоти, однорідності, поверхневої і динамічної щільності специфічних міток при експертизах та обробці металевих циліндричних та плоских деталей (рис. 4).

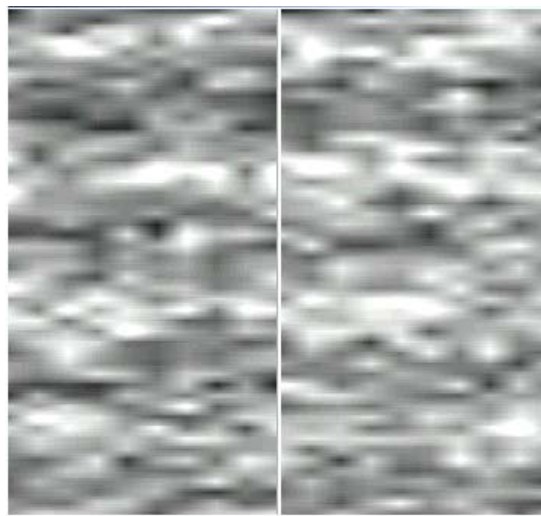


Рисунок 4 – Дослідне напівтонове зображення специфічних міток двох циліндричних поверхонь полірованих деталей

Збільшення позиційної розпізнавальної щільності кодованих крапок на одиницю поверхні досягається зменшенням розмірів активної поверхні як газорозрядних, так і напівпровідникових детекторів реєстрації випромінювання та підвищенням їх чутливості і вибірковості. Для напівпровідникових детекторів – це поєднання зарядо чутливого попереднього підсилювача (ЗЧПП) і напівпровідникового детектора в одному інтегральному блоці. Таке поєднання визначено, перевірено, запатентовано [10] і використано як *позиційна реєстрація випромінювання*, яку виконує інтегральна схема на приладах із зарядовим зв'язком – ПЗЗ та інжекційним живленням.

Зчитувач α -, β -, γ - та рентгенівського випромінювання складається зі зміненої конструкції вузла матриці НППЗЗ – мінітелекамери "MINTRON" (рис. 5). Розмір матриці ПЗЗ – 1/3 дюйма. Розпізнавальна здатність – 220000 пікселів – елементів ПЗЗ-детекторів реєстрації випромінювань.

Зчитувач підключено до контрольного монітору типу "VIDEO" з діагоналлю екрану – 12 дюймів, графічної карти та ПЕОМ типу Pentium-II.

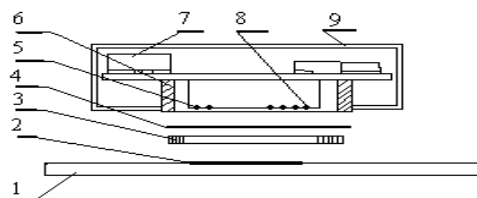


Рисунок 5 – Зчитувач радіоізотопного зображення

На рис. 5 позначено: 1 – носій інформації, предмет; 2 – символно-графічне зображення, виконане радіоізотопом C^{14} – (бета випромінювання), 3 – стільниковий коліматор – пластина товщиною 2 мм, розміром комірки 0.5 мм x 0.5 мм, з коефіцієнтом колімації – 4, товщиною стінок – 0.5 мм; 4 – не прозорий шар речовини (слюди товщиною 5 мікрон); 5 – матриця НППЗЗ; 6 – обмежувач конструкції; 7 – електронні компоненти мінітелекамери; 8 – елемент матриці – ПЗЗ (позиційний напівпровідниковий мікродетектор реєстрації випромінювання); 9 – корпус.

Робота макета в статичному режимі. Непрозорий мікронний шар речовини (слюди – 4) закриває матрицю НППЗЗ, екран монітору ПЕОМ темний.

Робота макета в динамічному режимі. Елементи матриці стільниковим коліматором розділяються на групи ПЗЗ, які визначають кількість детекторів, що реєструють випромінювання. Стільниковий коліматор (3) виключає вплив випромінювання від мікрочасток радіоізотопів, що знаходяться поряд в нанесеному на носій інформації предметі символно-графічному зображенні.

β -випромінювання викликає в елементі матриці – детекторі – переміщення його внутрішнього заряду. Це переміщення схемотехнічними засобами мінітелекамери надсилається через порт відео-вводу до комп'ютера, де позиційно відбивається на екрані монітору у вигляді спалаху короткої яскравої "рисочки" або "пташки". В комп'ютері ці відбиття позиційно та поелементно кодовано зчитуються детекторами, які складаються із груп елементів ПЗЗ на кожному рядку кадра для фіксації кількості бета-часток (лічильний режим детекторів).

При комп'ютерному накладенні кадрів за розрахунковий проміжок часу на екрані формується символно-графічне зображення та/або щільний крапковий код, нанесений радіоізотопом C^{14} . При статистичній обробці і кольоровому представленні результатів на моніторі ПЕОМ формується математичне тривимірне кольорове зображення.

Максимальна розпізнавальна здатність зчитувача залежить від фізичних розмірів матриці ПЗЗ та мінімальної відстані між сусідніми радіоактивними крапками, геометричних розмірів комірки стільникового коліматора, фізичної товщини стінок стільникового коліматора, яка не може бути меншою за 0.002 мм (для алюмінію з товщиною повного поглинання β -випромінювання з енергією 50 кеВ за нормальних умов ідентифікації), геометричних розмірів радіоактивної мітки.

При сучасній тенденції систематичного покращання характеристик матриці НППЗЗ (здатність реагувати на освітленість в 0.003 Лк, збільшення розмірів матриці при зменшенні вартості, тощо) мінітелекамеру, у поєднанні з "кишеньковою" ЕОМ, можливо використовувати як "кишеньковий" локатор реєстрації радіоактивних випромінювань, що дає можливість значно підвищити ефективність захисту носіїв інформації, предметів культурно-історичної спадщини тощо.

Високий рівень захисту з використанням радіоактивних міток досягається введенням декількох радіоізотопів в одну мітку. Ці радіоізотопи розрізняються за *видом випромінювання та їх енергіями*.

Реєстрація цих ізотопів проводиться спектрометричними приладами з використанням диференціальних дискримінаторів [7, 8].

Структурна схема диференціального амплітудного аналізатора з вузлом зчитування на базі фотоелектронного помножувача (ФЭУ-60) представлена на рис. 6.



Рисунок 6 – Структурна схема диференціального амплітудного аналізатора

На цьому рисунку: 1 – фосфор – NaJ (П); 2 – ФЭУ-60; 3 – попередній та головний підсилювач; 4 – диференціальний амплітудний дискримінатор; 5 – пристрій для реєстрації (рахунковий блок разом з таймерним блоком).

Використання диференціального амплітудного дискримінатора з настроєними на відповідний спектр каналами реєстрації дозволяє реєструвати практично тільки випромінювання використаного радіоізотопу (наприклад в спектрометричному стаціонарному приладі NC-482B – вісім тисяч каналів реєстрації).

Для маркування вузлів та деталей машин пропонується наносити радіоактивні мітки електроіскровим або крапково-гальванічним способом. Мітка може бути знайдена спеціальним приладом. Вона є слаборадіоактивним *препаратом* з відповідним видом і енергією випромінювання, локалізованим практично в крапку і внесеним в поверхневий шар маркованого предмету. Радіоактивність мітки настільки мала, що вона на загальному природному та техногенному фоні не реєструється приладами, що випускаються серійно. Мітка може бути зареєстрована тільки спеціальним приладом, блок-схема якого наведена на рис. 6.

IV Висновки

На основі викладених основних особливостей радіоактивних ізотопів можна зробити висновок, що практичне використання радіоактивних ізотопів для захисту носіїв інформації і предметів дозволяє:

1) забезпечувати різні рівні ступенів фізичного захисту матеріальних носіїв інформації, документів та предметів завдяки використанню комбінацій властивостей радіоізотопів (вид випромінювань, їх активність, відсоткові значення та енергетичний спектр), які можуть бути локалізованими в окрему крапку;

2) кодувати матеріальні носії інформації, документи та предмети радіоактивними крапками двійковими, просторово-геометричними кодами, символнографічними зображеннями, специфічними мітками;

3) проводити завадостійке кодування шляхом введення в кодовану мітку реперного ключа та радіоізоотопу відповідного виду випромінювання;

4) ідентифікувати нанесені коди спеціально розробленими приладами;

5) проводити не руйнівне виявлення змісту невеликих за розмірами предметів, мікросхем тощо шляхом їх сканування набором радіоактивних α -, β -, γ - випромінювачів з подальшою математичною обробкою знятої інформації на ПЕОМ;

6) використовувати спосіб реєстрації зворотно розсіяного випромінювання для якісної і кількісної оцінки чистоти, однорідності, поверхневої і динамічної щільності при експертизах та обробці металевих циліндричних та плоских деталей;

7) проводити ідентифікацію носіїв інформації, документів і предметів та якісну і кількісну оцінку специфічних міток, а також технічну паспортизацію β -випромінювачів шляхом використання мінітелекамери зміненої конструкції в поєднанні з ПЕОМ для реєстрації α -, β -, γ - та "м'якого" рентгенівського випромінювання для їх широкого застосування в різних галузях народного господарства України.

Література: 1. І. Паюцик. Огляд способів захисту носіїв інформації. // Науковий вісник НАВСУ-1999 р.– № 2 С. 302–305. 2. Патент США № 4765655, 1988 р. "Маркування предметів мистецтв з метою їх охорони за допомогою радіоактивних ізотопів". 3. Патент Франції № 2597245, 1986 р. "Методика і прилад упізнання цінних предметів". 4. Е. В. Скачков. Влияние геометрии измерения на эффективный коэффициент прохождения β -частиц: Автореф. канд. дис. – М. – 1986. 5. В. Е. Левин, Л. П. Хамьянов. Регистрация ионизирующего излучения Атомиздат – М, 1973.– 256 с. 6. В. М. Палий, Ю. И. Федоренко, И. И. Паюцик, Г. Э. Массальский, З. В. Войтенко. Разработка систем защиты документов особой важности, ценных бумаг и предметов, имеющих историческую ценность от их подделки и краж, а также экспресс методик для выявления подделок (краж) (радиохимический метод защиты): Отчет о НИР (заключительный ,Т2) МЮ Украины, № госрегистрации 0194U000268, К, 1996. – 58 с. 7. Л. Герфорт, Г. Кох. Практикум по радиохимии Иностранная литература.– М, 1963. – 471 с. 8. Ю. І Федоренко, Г. Е. Массальський, І. І. Паюцик. Ідентифікація нарізної вогнепальної зброї методом реєстрації розсіяного корпускулярного випромінювання: Практичний посібник – К.: Національна академія внутрішніх справ України, 2001.– 72 с. 9. И. П. Жеребцов. Основы электроники – 5-е изд., перераб. и доп.– Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отделение, 1989. – 352 с. 10. Дозиметрические, радиометрические электронно-физические приборы, счетчики и фотоэлектронные умножители, поставляемые всесоюзным объединением «ИЗОТОП» в 1984–1985 гг. 11. І. І. Паюцик. Способи та засоби захисту носіїв інформації та предметів культурно-історичного надбання України шляхом використання радіоактивних ізотопів. // Науковий вісник, НАВСУ № 4 – 2001 – с. 153–157. 12. Ю. І. Федоренко, І. І. Паюцик, Г. Е. Массальський, А. Ю. Ільницький, О. Ф. Климюк. Деклараційний патент на винахід № 98031566. Україна 29259А, МПК В25Н7 /04 "Спосіб захисту документів, цінних паперів та предметів, що мають історичну, художню цінність від підробок та викрадень методом радіоактивних індикаторів", заявлено 27. 03. 1998; Опубліковано 29. 12. 1999., Бюл. № 8 – 2 с. 13. І. І. Паюцик. Деклараційний патент на винахід № 2000073954 Україна 41774А, МПК Н03М1/00, Н05Г1/00, G09F3/00 "Спосіб прихованого символнографічного щільнокодованого радіоізотопного захисту носіїв інформації, предметів та пристрій зчитування для реалізації цього способу", Заявлено 04. 07. 2001; Опубл. 17. 09. 2001 Бюл. № 8. 14. І. І. Паюцик. Фізична безпека комп'ютерних систем та її забезпечення шляхом використання радіоактивних міток // Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні. – 2002. – № 3. С. 125–128; № 4 – 2001 – С. 153–157. 15. І. І. Паюцик. Уплотненная пулегильзотека большого объема как один из способов борьбы с насильственными преступлениями. Збірник матеріалів наук.-практ. конф. Проблеми боротьби з насильницькою злочинністю. – Харків: ПФ "Книжкове видавництво "Лествиця Марії", 2001. – С. 213–217.