



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 132299

(13) U

(51) МПК

G01S 13/56 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2018 08228</b>	(72) Винахідник(и): <b>Чумаков Володимир Іванович (UA), Харченко Оксана Ігорівна (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>25.07.2018</b>	(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, просп. Науки, 14, м. Харків, 61166 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.02.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.02.2019, Бюл.№ 4</b>	

## (54) СПОСІБ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАКЛАДНИХ ПРИСТРОЇВ ПРИ НЕЛІНІЙНІЙ ЛОКАЦІЇ

### (57) Реферат:

Спосіб ідентифікації закладних пристроїв при нелінійній локації включає опромінення контрольованого об'єму НВЧ гармонійним сигналом нелінійного локатора, приймання сигналу-відгуку та спектральний аналіз сигналу-відгуку з вимірюванням амплітудного розподілу компонент спектра, що свідчить про наявність нелінійного пристрою в контрольованому об'ємі. Вимірюванню піддають п'ять складових, кратних частоті опромінення. За результатами вимірювання гармонійних складових розраховуються коефіцієнти розкладання вольт-амперної характеристики та параметри нелінійності напівпровідникового пристрою. Розраховані параметри нелінійності порівнюються з параметрами нелінійності напівпровідникових приладів відомих закладних пристроїв, що містяться у блоці пам'яті нелінійного локатора.

UA 132299 U



Корисна модель належить до технічного захисту інформації, а саме до методів детектування нелінійних переходів, і може використовуватися для підвищення ефективності процесу пошуку та ідентифікації закладних пристроїв несанкціонованого доступу до інформації на основі напівпровідникових радіотехнічних приладів з метою підвищення рівня інформаційної безпеки, а також в аеропортах, на залізничному та водному транспорті, в установах митного контролю з метою пошуку в об'єктах наявності електронних компонентів або пристроїв на їх основі.

Відомий спосіб пошуку закладних пристроїв з використанням детекторів нелінійних переходів [Конахович Г.Ф., Бабак В.П., Фисенко В.М. Специальный радиомониторинг. К.: МК-Пресс. М.: Издательский дом "Додэка XXI", 2007. - 384 с.], оснований на збудженні в напівпровідникових приладах, опромінюваних монохроматичним НВЧ-сигналом, електричного струму, спектр якого збагачений вищими гармоніками сигналу опромінення за рахунок нелінійності вольт-амперних характеристик (ВАХ) напівпровідників. Зазвичай наявність в спектрі сигналу-відгуку другої гармоніки частоти сигналу опромінення свідчить про наявність напівпровідникового пристрою в межах діаграми спрямованості антени опромінювача.

Втім, такий спосіб виявлення закладних пристроїв не дає можливості впевнено визначити, чи належить даний напівпровідниковий прилад до саме закладних пристроїв несанкціонованого доступу до інформації, чи сигнал-відгук сформовано радіотехнічним пристроєм, який випадково опинився в межах діаграми спрямованості антени опромінювача (наприклад, телевізійний або радіоприймач, побутовий електроприлад тощо). Тим більше, даний спосіб не вирішує задачі ідентифікації виявленої нелінійності. Крім того, хибні сигнали-відгуки, які генеруються металевою корозією і мають ВАХ, що описується функцією, близькою до непарної, ускладнюють визначення закладних пристроїв та вимагають дуже високої кваліфікації та досвіду оператора і створюють небезпеку помилок суб'єктивного характеру.

Найбільш близьким до пропонованої корисної моделі за технічною суттю та результатом, що досягається, є спосіб виявлення нелінійного об'єкта [Способ обнаружения нелинейного объекта с распознаванием типа нелинейности /Паньчев С.Н., Хакимов Н.Т. /Пат. RU 2205419, 2005 г.], в основу якого покладено аналіз амплітудної характеристики напівпровідникового приладу під час опромінення контрольованої області простору монохроматичним сигналом з лінійною амплітудною модуляцією. При цьому передбачається, що відгук нелінійного елемента буде з високою ймовірністю співпадати із ВАХ напівпровідникового приладу, що опромінюється. Джерелом сигналу опромінення є нелінійний локатор.

Недоліком вказаного способу, який вибрано як найближчий аналог, є те, що аналіз в отриманих сигналах-відгуках тільки співвідношення між 2-ю та 3-ю гармоніками спектра не містить достатнього об'єму інформації та не дозволяє здійснити впевненого розпізнавання опроміненого об'єкта. Далі слід вказати, як на недолік, відсутність будь-яких вказівок на принцип саме ідентифікації опроміненого об'єкта: чи це здійснюватиметься в автоматичному режимі технічними засобами нелінійного локатора, або ідентифікацію здійснюватиме оператор шляхом порівняння отриманої ВАХ з відомими йому на вигляд ВАХ напівпровідників. Крім цього, точність визначення вигляду ВАХ за двома гармоніками спектра є вкрай низькою, що не дає достатньої гарантії відсутності помилок при проведенні вимірювань. Зазначимо також, що завадові сигнали, які створюються металевою корозією при опроміненні її нелінійним локатором, можуть створювати сигнали-відбиття із достатньо високим рівнем другої гармоніки, оскільки ВАХ металевої корозії може відрізнятися від непарної функції.

Технічною задачею способу, який заявляється, є надання нелінійному локатору спроможності не тільки виявляти наявність закладного пристрою несанкціонованого доступу до інформації, але й також ідентифікувати його вид, технічні характеристики та інші параметри.

Вказана задача вирішується шляхом виявлення електродинамічних та схематичних характеристик опромінюваного об'єкта та порівнянням їх з відомими характеристиками закладних пристроїв, які містяться в базі даних нелінійного локатора. Якщо виявлений пристрій не розпізнається як такий, характеристики якого є в наявності в базі даних локатора, то вони вносяться до бази. Потім, за умови видалення закладного пристрою та знешкодження його дії, здійснюється його детальна ідентифікація шляхом безпосереднього дослідження, і в базу даних локатора вносяться ознаки пристрою, як нового. Таким чином реалізується можливість підвищення ефективності досліджень і забезпечення необхідного рівня інформаційної безпеки при нелінійній локації.

Реалізація способу пояснюється кресленням, на якому показана структурна схема. Тут позначено: 1 широкодіапазонна приймально-передавальна антена, 2 передавач, який містить задавальний генератор, модулятор та підсилювач потужності, 3 - радіоприймальний пристрій, в якому міститься блок фільтрів гармонік частоти випромінювання передавача, 4 - канал

післядетекторної обробки сигналу, 5 - блок компаратора, в якому здійснюється порівняння параметрів нелінійності ВАХ напівпровідникового приладу, отриманих в результаті вимірювання відбитого сигналу, з відповідними значеннями параметрів нелінійності, що зберігаються в блоці пам'яті, 6 - блок пам'яті, в якому зберігаються параметри нелінійності напівпровідникових приладів, 7 - блок керування та індикації, який забезпечує інтерфейс пристрою та оператора-користувача.

Напівпровідникові прилади складають основу елементної бази сучасної радіоелектроніки. Нелінійність їх ВАХ, що обумовлена принципами електропереносу в напівпровідниках та закономірністю струморозподілення в найбільш поширених приладах на основі р-n переходів (діоди, біполярні транзистори та інтегральні схеми на їх основі), та в приладах, де керування струмом здійснюється електричним полем (польові транзистори та інтегральні схеми на їх основі), є принциповою відмінністю напівпровідникових елементів від більшості пасивних елементів, які характеризуються лінійними властивостями.

Принцип взаємодії електромагнітного випромінювання із закладним пристроєм можна пояснити, керуючись концепцією антенного механізму [Чумаков В.И. Измерения электродинамических характеристик элементной базы РЭА //Радиотехника. Всеукр. Межвед. науч.-техн. сб. 2000. Вып. 113. С. 171-173.], згідно з яким об'єкт опромінення являє собою антену або антенну решітку (типовим прикладом є інтегральна мікросхеми в планарному корпусі), а елементи внутрішньої структури об'єкту опромінення виконують функції опорів антен. Оскільки опорами є зазвичай нелінійні напівпровідникові пристрої, умови принципу оберненості для антен не виконуються, тому електродинамічні характеристики об'єкту можуть бути оцінені тільки наближено, або отримані експериментально.

Методика розрахунку параметрів нелінійності ВАХ напівпровідникового приладу виглядає в такий спосіб. Струм через нелінійний елемент під дією напруги й можна надати у вигляді розкладання ВАХ в ряд Тейлора

$$i(u) = i_0 + S u + S' u^2 + \dots + S^{(k-1)} u^k, \quad (1)$$

де  $i_0$  стала складова струму в робочій точці  $u = U_0$ , а величини  $S = \left. \frac{di}{du} \right|_{u=U_0}$ ,  $S' = \left. \frac{d^2i}{du^2} \right|_{u=U_0}$ , ...,  $S^{(k-1)} = \left. \frac{d^{k-1}i}{du^{k-1}} \right|_{u=U_0}$ , (2)

- відповідно крутість ВАХ та її похідні в робочій точці.

Якщо миттєве значення напруги є гармонійною функцією  $u = U_m \cos \omega t$ , (3)

то підстановка (3) в (1) дозволяє отримати систему рівнянь для розрахунку амплітуд гармонійних складових струму ВАХ  $A_{m1}, \dots, A_{m5}$  що відповідають частотам  $\omega, \dots, 5\omega$ , з якої

$$\left. \begin{aligned} S &= \frac{24}{U_m^3} (A_{m3} - 5A_{m5}) \\ S'' &= \frac{192}{U_m^4} A_{m4} \\ S^{(IV)} &= \frac{4800}{U_m^5} A_{m5} \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Так, наприклад, прохідна ВАХ біполярного транзистора в схемі із спільним емітером описується рівнянням [Чумаков В.И. Расчет параметров нелинейности характеристик биполярных транзисторов при нелинейной локации полупроводниковых приборов //Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні, 2(21) вип.,

$$I_k = I_{k0} \left\{ \exp \left[ \frac{q(u_b - i_b r_b)}{kT} \right] - 1 \right\}, \quad (5)$$

де  $I_{k0}$  - зворотний (некерований) струм колекторного переходу,  $q = 1,6 \times 10^{-19}$  Кл – заряд електрона,  $U_b$  - напруга бази,  $I_b$  - струм бази,  $r_b$  - об'ємний опір бази,  $k = 1,38 \times 10^{-23}$  Дж/К - стала Больцмана,  $T$  - температура.

Вираз (5) є трансцендентним рівнянням, оскільки для струмів колектора і бази має місце співвідношення

$$I_k = \beta I_b + I_{k0}$$

де  $\beta$  - коефіцієнт підсилення струму бази.

Використовуючи методику, викладену в [Чумаков В.І., Посошенко В.О., Харченко О.І., Басецький В.З. (Приймання та оброблення сигналів: Навч. посібник для студентів усіх форм навчання напрямку "Радіотехніка" / За заг. ред. В.І. Чумакова. - Харків: ХНУРЕ, 2006. - 296 с.], отримуємо складові розкладання ВЛХ (5) в ряд Тейлора у вигляді

$$\left. \begin{aligned} S^{(III)} &= \frac{4a^4 I_k (2 - 7ab I_k + 3a^2 b^2 I_k^2)}{(1 + ab I_k)^7} = \frac{4a^3 (2 - 7ab I_k + 3a^2 b^2 I_k^2)}{(1 + ab I_k)^6} S \\ S^{(IV)} &= \frac{4a^5 I_k (4 - 33ab I_k + 47a^2 b^2 I_k^2 - 12a^3 b^3 I_k^3)}{(1 + ab I_k)^9} = \\ &= \frac{4a^4 (4 - 33ab I_k + 47a^2 b^2 I_k^2 - 12a^3 b^3 I_k^3)}{(1 + ab I_k)^8} S \end{aligned} \right\} , (7)$$

$$\text{де } a = \frac{q}{kT}, \quad b = \frac{r_b I_b}{2a}$$

Параметри на лінійності  $\gamma_i = \frac{4a^2 (1 - ab I_k)}{(1 + ab I_k)^4} = \frac{S^{(i)}}{S}$  тепер мають такий вигляд

$$\left. \begin{aligned} \gamma_3 &= \frac{4a^3 (2 - 7ab I_k + 3a^2 b^2 I_k^2)}{(1 + ab I_k)^6} \\ \gamma_4 &= \frac{4a^4 (4 - 33ab I_k + 47a^2 b^2 I_k^2 - 12a^3 b^3 I_k^3)}{(1 + ab I_k)^8} \end{aligned} \right\} . (8)$$

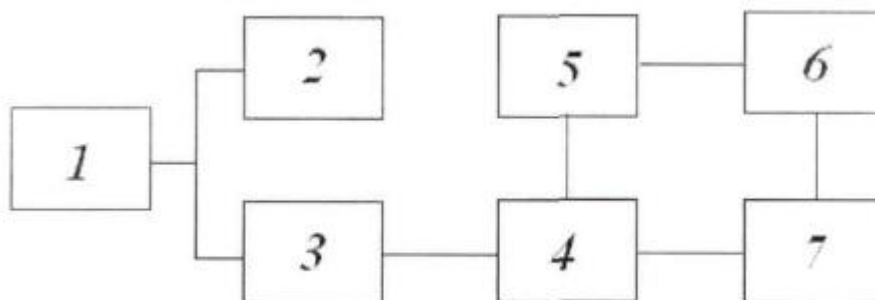
В (8) величини  $\gamma_i$  є індивідуальними характеристиками напівпровідникового елемента і складають базу даних способу ідентифікації.

Зазначимо, що можливість вимірювання за даним способом першої гармоніки сигналу-відгуку розширює спроможність використання нелінійного локатора як металошукача.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб ідентифікації закладних пристроїв при нелінійній локації, який включає опромінення контрольованого об'єму НВЧ гармонійним сигналом нелінійного локатора, приймання сигналу-відгуку та спектральний аналіз сигналу-відгуку з вимірюванням амплітудного розподілу компонент спектра, що свідчить про наявність нелінійного пристрою в контрольованому об'ємі, який **відрізняється** тим, що вимірюванню піддають п'ять складових, кратних частоті опромінення, за результатами вимірювання гармонійних складових розраховуються коефіцієнти розкладання вольт-амперної характеристики та параметри нелінійності напівпровідникового

пристрою, розраховані параметри нелінійності порівнюють з параметрами нелінійності напівпровідникових приладів відомих закладних пристроїв, що містяться у блоці пам'яті нелінійного локатора.




---

Комп'ютерна верстка В. Мацело

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601