

В. М. Яковенко, О. Є. Когут

Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, Харків

ПРИКЛАДНІ НАУКОВІ РОЗРОБКИ ІНСТИТУТУ РАДІОФІЗИКИ ТА ЕЛЕКТРОНІКИ ІМ. О. Я. УСИКОВА НАН УКРАЇНИ

Анотація: Представлено дані про оригінальні розробки, проведені в Інституті радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України, що утворюють коло пріоритетних прикладних напрямків дослідницької тематики Інституту. Розробки перспективні для створення нової технопаркової зони в рамках проведення інноваційних процесів у науці.

Ключові слова: прикладні наукові розробки, технопаркова зона, інноваційні процеси, Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України.

1. ВСТУП

Основним нормативним документом, що затверджує доцільність проведення інноваційних процесів, є Закон України "Про інноваційну діяльність" № 40-IV від 04.07.2002р., розроблений на основі Конституції України (254к/96-вр). Він поєднує положення Законів України "Про інвестиційну діяльність" (1560-12), "Про наукову і науково-технічну діяльність" (1977-12) та ін. Даний закон визначає правові, економічні й організаційні принципи державного регулювання інноваційної діяльності в Україні, установлює форми стимулювання державою інноваційних процесів і спрямований на розвиток економіки України шляхом інновацій. На підтримку інноваційних процесів з боку держави спрямоване також рішення Ради національної безпеки й оборони України "Про стан науково-технологічної сфери та заходи щодо забезпечення інноваційного розвитку України" від 6 квітня 2006 р., а також Указ Президента України № 606/2006 від 11.07.2006.

Наведені у даній роботі дані про наукові розробки створюють реальні передумови для створення в перспективі технопарку як інноваційного підприємства на базі Інституту радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України (надалі ІРЕ НАНУ) – установи з більш ніж 50-літньою історією. В цьому науковому центрі представлені такі напрямки: радіофізика та електроніка міліметрових і субміліметрових діапазонів хвиль; взаємодія електромагнітних хвиль із твердим тілом і біологічними об'єктами; поширення радіохвиль у навколишньому середовищі; радіофізичне зондування об'єктів природного і штучного походження і ін.

Найважливішими науковими досягненнями Інституту в останні роки є: розвиток нових вискоєфективних методів рішення задач дифракції; вивчення фундаментальних властивостей твердих тіл та біооб'єктів; дослідження в області нанотехнологій, надпровідності, радіолокації; створення діючих лабораторних макетів радіолокаційних систем для контролю території охоронюваних об'єктів; вияв-

лення замаскованих предметів на тілі людини; вирішення задач підповерхневого зондування – пошук живих людей під завалами, пошук підземних комунікацій, порожнеч, розливів нафтопродуктів, контроль цілісності і міграції нафто- і газопроводів, перебування підкопів і т. п. (роботи проводяться в рамках інноваційного проекту НАНУ); погодинний моніторинг стану будинків і інженерних споруджень; створення систем запобігання зіткнень об'єктів, що рухаються; розробка методики радіолокаційного моніторингу з аеро- та космічних носіїв, що забезпечує прогнозування і контроль проходження повеней і паводків, надзвичайних ситуацій, зокрема лісових пожеж; спостереження за станом рослинності, лісових масивів; дослідження розвитку ерозійних процесів, чистоти водяних поверхонь і зон їхнього забруднення поверхово-активними речовинами антропогенного характеру.

Наукові розробки Інституту відзначені Ленінською премією, Державними преміями СРСР та України, Премією Ради Міністрів СРСР, іменними преміями НАН України, премією Microwave Theory and Technic Society (MTT-S) у номінації Microwave Pioneer Award, премією і грантами Президента України для молодих учених.

Роботи науковців Інституту широко відомі в СНД та в країнах далекого зарубіжжя, Інститут активно співпрацює з міжнародни-

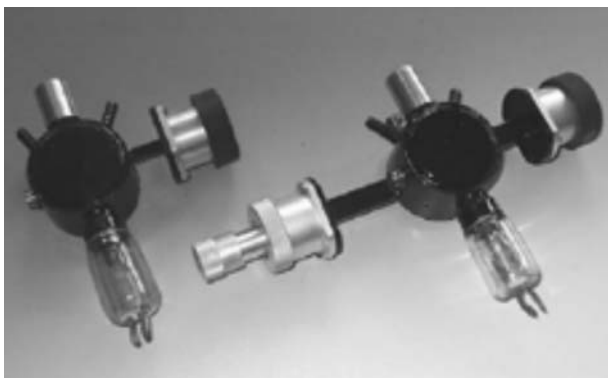


Рис. 1.

ми науковими організаціями та фондами, виконує проекти УНТЦ, INTAS, CRDF, NATO і т. ін.

Наведені нижче короткі звіти про кожну наукову розробку Інституту відображають її конкурентноздатність і слугують як для популяризації продукції Інституту, так і для залучення інвесторів, партнерів. Для систематизації розробок введена узагальнююча класифікація їх за науковою спрямованістю.

2. ЕЛЕКТРОННІ ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ ММ-ДІАПАЗОНУ ХВИЛЬ І ВИМІРЮВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ НА ЇХНІЙ ОСНОВІ

А) Клінорони – лампи зворотної хвилі (ЛЗХ) О-типу

Областю застосування кліноtronів як генераторів малої і середньої потужності випромінювання короткохвильової області мм-діапазону є системи для фізичного експерименту, радіоспектроскопії, системи ближньої радіолокації, у тому числі системи радіобачення [1]. На частоті 150 ГГц (2 мм) вихідна потужність випромінювання складає 1 Вт. У порівнянні з відомими ЛЗХ клінорони мають більш високу потужність вихідного сигналу. В даний час розроблений кліноtron (рис. 1) з підвищеною потужністю в короткохвильовій частині міліметрового діапазону 266 ГГц та з такими характеристиками: прискорююча напруга – 4,8 кВ; густина струму в пучку – 50 А/см²; вихідна потужність на частоті 266 ГГц – 250 мВт; комбіноване перестроювання частоти в смузі $\pm 2\% f_0$; фокусуюче магнітне поле – 0,8 Т; термін служби – 500 год.; маса (без магнітів) – 0,3 кг.

Б) Генератори дифракційного випромінювання (ГДВ)

Розроблено нові модифікації ГДВ: імпульсні – ІГДВ-5 (діапазон перестроювання частоти

– 56–61 ГГц), ІГДВ-3 (діапазон перестроювання частоти – 87–95 ГГц); малогабаритний МГДВ-2 (діапазон перестроювання частоти – 95–140 ГГц) імпульсної і неперервної дії. Розроблені ГДВ відрізняються від існуючих підвищеним рівнем вихідної потужності і коефіцієнтом корисної дії та призначені для застосування в когерентній радіолокації, спектроскопії сильнопоглинаючих середовищ, для діагностики плазми та накачування поляризованих ядерних мішеней [2].

В) Низьковольтний імпульсний магнетрон 8-мм діапазону

Призначений для застосування як генератор НВЧ-потужності і в радіолокаційних станціях (РЛС) ближнього радіусу дії, зокрема у стаціонарних радіолокаціях безперервного спостереження за обстановкою на льотному полі та у РЛС, що рухаються, а також для виявлення рухомих об'єктів на малих відстанях [3]. Забезпечує потужність в імпульсі від 400 Вт до 1 кВт при напрузі анода 4 кВ. Механізм підстроювання частоти – 2 %; шпаруватість імпульсів – 1 000; ККД \approx 10 %.

Г) Коаксіальний магнетрон 3-см діапазону з холодним катодом

Магнетрон уже впроваджений в серійне виробництво. При напрузі на аноді 8 кВ він має потужність імпульсів на виході 10–25 кВт і ККД \approx 30 %. Тривалість імпульсів – 70 нс. На



Рис. 2.

його основі створено радіолокатор "Буревістник-1" для прикордонників.

Д) Автоматизований панорамний вимірник АПІ-2

Призначений для дослідження характеристик високодобротних резонансних систем, прямих і зворотних втрат чотиріполюсників у смузі частот 37,5–140 ГГц, інтервалі зміни коефіцієнта стоячої хвилі по напрузі (КСХН) 1,1–5,0 і діапазоні виміру ослаблення 0–40 дБ з мінімальним кроком перестроювання частоти 0,1–0,2 МГц.

3. ДЖЕРЕЛА ОПТИЧНОГО КОГЕРЕНТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

А) Імпульсно-періодичні лазери з ламповим накачуванням на барвниках серії "Промінь-2"

Призначені для вирішення широкого кола задач у різних областях науки, техніки, медицини, де використовується спектрально-селективна взаємодія оптичного випромінювання з речовиною [4]. Основною особливістю таких систем, що визначає їхнє багатофункціональне призначення, є волоконно-оптичний тракт для доставки лазерного випромінювання безпосередньо в область взаємодії з речовиною. На базі модифікованого імпульсно-періодичного лазера створена терапевтична установка "Зонд-1" для руйнування каменів (довжина хвилі випромінювання – 530 нм, тривалість імпульсів – 1,5 мкс). В установці застосовується фотоакустичний метод руйнування каменів, суть якого полягає в генерації звукових хвиль на резонансних частотах самого каменю.

Б) Лазерний комплекс ALT LASER 10-100-VS
Установка (рис. 2) призначена для чіткого нанесення практично не знищеного зображення на вироби з металів, кераміки, пластмас, напівпровідників, деревини, шкіри і т. ін. і ство-

рена на основі волоконного лазера [5]. Маркування виконується протягом кількох секунд і не вимагає додаткової обробки поверхні. Така лазерна установка може застосовуватися в промисловому виробництві та рекламному бізнесі.

В) Гіпервисокочастотна лазерна установка на базі HCN-лазера (довжина хвилі – 0,337 мм)

Головною сферою застосування установки є медицина, оскільки субміліметрове випромінювання дає можливість прискорити обмінні процеси в організмі людини (скорочує терміни лікування хвороб суглобів і кісток). Крім того, дана лазерна установка може використовуватися для мобілізації імунної системи і регуляторних функцій в організмі з метою профілактики і лікування захворювань опорно-рухового апарата та для інших медико-терапевтичних цілей [6].

Г) Багатоканальний лазерний інтерферометр на довжині хвилі 0,337 мм і лазерний гомодинний інтерферометр-поляриметр субміліметрового діапазону хвиль (довжина хвилі – 0,195 мм)

Лазерний інтерферометр призначений для визначення середньої електронної концентрації (до 10^{15} см^{-3}) високотемпературної плазми і розподілу електронної концентрації по перетину плазмового пучка. Інтерферометр-поляриметр забезпечує можливість одночасного визначення магнітного поля чи струму магнітоактивної плазми і її електронної концентрації на установках термоядерного синтезу типу ТОКАМАК і Ураган [7].

4. КВАЗІОПТИЧНА ТЕХНІКА

А) Квазіоптичні твердотільні генератори (КТГ)

КТГ міліметрового діапазону зі сферошелетною відкритою коливальною системою є

джерелами високостабільних електромагнітних коливань і можуть бути використані як у наукових цілях (наприклад, у спектроскопії), так і в НВЧ-техніці. КТГ розраховані на фіксовані частоти з можливістю механічного підстроювання частоти до 0,5 ГГц [8]. Генератор не потребує примусового охолодження. Нестабільність частоти генераторів за 1 с не перевищує 10^{-8} при нестабільності джерела живлення 10^{-4} . Підвищення довгострокової стабільності частоти досягається застосуванням спеціальних матеріалів при виготовленні генераторів, а також використанням термостабілізуючих герметичних камер, заповнених інертним газом.

Б) Діелектрометр рідин з високими втратами

Призначений для дослідження діелектричних властивостей широкого класу рідин, що характеризуються високими втратами НВЧ-енергії. Створено кілька модифікацій діелектрометрів 8- і 6-міліметрових діапазонів довжин хвиль на базі високодобротних діелектричних резонаторів з модами шепочучої галереї. За оригінальністю і малим габаритам виділяється конструкція діелектрометра, що працює в автодинному режимі в мм-діапазоні довжин хвиль, оскільки не має потреб у зовнішнім джерелі НВЧ-сигналу. Необхідний обсяг досліджуваної рідини – не більше 0,02 мл. Діелектрометр може використовуватися для контролю якості продукції нафтопереробної і харчової промисловості, для дослідження біооб'єктів у медицині, контролю за забрудненням води і при вирішенні інших задач екології

В) Стенд для квазіоптичних досліджень SQR-0.14

Призначений для демонстрації студентам по спеціалізації "радіоелектроніка" методів квазіоптичних радіовимірювань в терагерцовому діапазоні хвиль і радіовимірювальних пристроїв, виконаних на основі квазіоптичної лінії

передачі [9]. SQR-0.14 являє собою квазіоптичний пристрій, виконаний на основі порожнього діелектричного променепроводу круглого перетину діаметром 20 мм. SQR-0.14 (рис. 3) забезпечує демонстрацію таких видів квазіоптичних вимірів:

- експериментальне визначення модуля і фази коефіцієнта відбиття методом інтерферометра Майкельсона;
- експериментальне визначення довжини хвилі методом інтерферометра Майкельсона;
- експериментальне визначення значення внесеного ослаблення (втрат) методом заміщення;
- експериментальне визначення поляризаційної діаграми методом, що базується на використанні обертового аналізатора поляризації;
- експериментальне визначення залежності модуля коефіцієнта дзеркального відбиття від кута падіння хвилі на плоску поверхню зразка.

Г) Квазіоптичні хвилеводні мікрокомпактні полігони

Призначені для дослідження в лабораторних умовах характеристик розсіяних радіолокаційних об'єктів у короткохвильовій частині міліметрових і субміліметрових діапазонів хвиль [10]. До числа вимірюваних характеристик

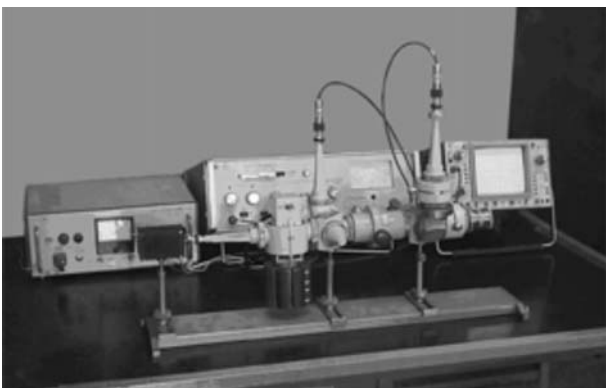


Рис. 3.

відносяться ефективна площа розсіювання, діаграми зворотного і прямого розсіювання і поляризаційна матриця розсіювання. В основу створення мікрокомпактних полігонів покладено запропонований авторами розробки метод квазіоптичного хвилеводного моделювання на міліметрових і субміліметрових хвилях.

5. РАДІОЛОКАТОРИ, ЇХНІ КОМПОНЕНТИ І ТЕХНОЛОГІЇ

А) Скануючий георадар

Призначений для радіолокації підповерхневого зондування, використовуваного для рішення геоінформаційних задач оперативного неруйнівного моніторингу структури підповерхневого середовища в реальному масштабі часу (рис. 4) [11]. Зв'язок з географічними координатами здійснюється за допомогою глобальних навігаційних систем. Завдяки високій мобільності георадар може використовуватися при геологічних роботах у підповерхневих шарах ґрунту (для пошуку родовищ, карстових печер, водоносних шарів) та при геотех-



Рис. 4.

нічних роботах – для пошуку підземних комунікацій та для контролю за станом фундаментів будівель і інших залізобетонних конструкцій, автострад, злітно-посадочних смуг і залізничних колій. Крім того, він дає можливість здійснювати екологічний моніторинг, відшукувати об'єкти біологічного походження в оптично непрозорих середовищах, а також може використовуватися для льодової розвідки й в археології. Георадар має такі характеристики: випромінювана потужність – 3 Вт; діапазон робочих частот – 100–450 МГц; максимальна глибина зондування в залежності від вологості ґрунту 20–30 м; роздільна



Рис. 5.

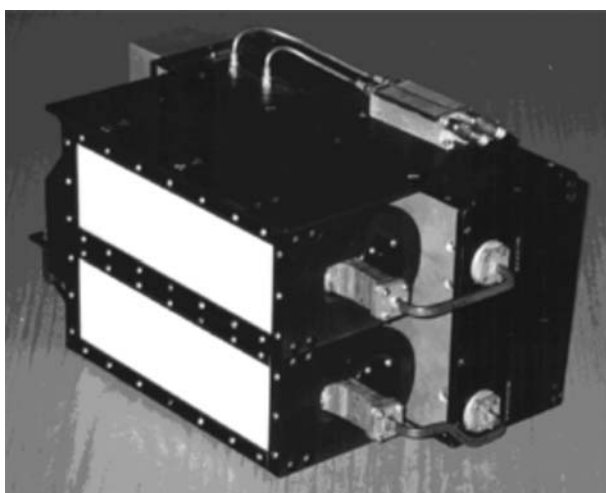


Рис. 6.

здатність по глибині – 15–30 см; діаграма спрямованості антени під поверхнею землі – 30°; маса – 19 кг.

Б) Нанівпровідникова радіолокаційна система мм-діапазону

Сфера застосування – контроль за діяльністю на ділянках місцевості з особливим режимом (прикордонна зона та ін.); огляд льотного поля та керування рухом повітряних суден і транспортних засобів на територіях аеродромів; контроль за акваторією портів і судноплавства в проливах і вузькостях (рис. 5). Наведені нижче тактико-технічні дані відносяться до системи огляду льотного поля:

- виявлення об'єктів, що мають ефективну площу більше 1 м^2 , з імовірністю 0,9 при ймовірності помилкової тривоги 10^{-6} для дальностей не менше 5 км в умовах ясної погоди і не менше 3 км в дощ, інтенсивність якого складає 16 мм/год;
- кутова роздільна здатність за азимутом – не гірше $0,25^\circ$;
- роздільна здатність за азимутом – не гірше 15 м;
- зона огляду поля в горизонтальній області за дальністю – 90–5 000 м; за азимутом 360° при висоті установки антени – 5–10 м;
- час огляду (період оновлення інформації) – 4 с;
- подавлення заважаючого відбиття від місцевості та опадів – не гірше 30 дБ;
- наявність системи автоматичного виділення та класифікації цілей за швидкістю руху (доплерівська селекція);
- кольорове маркування об'єктів на радіолокаційному зображенні на екрані монітора за швидкісним критерієм.

В) Шумова радарна технологія мм-діапазону хвиль

Ґрунтується на використанні шумових (випадкових) сигналів і їхній когерентній оброб-

ці за допомогою кореляційного чи спектрального аналізу [12]. Сфера застосування:

- системи запобігання/попередження зіткнень, що мають високу роздільну здатність, точність, електромагнітну сумісність і високу захищеність від перешкод, а також малі габарити і вагу (рис. 6);
- системи навігації й огляду з високою роздільною здатністю по дальності, що мають високу надійність і екологічну чистоту;
- наземний інтерферометричний радар із синтезованою апертурою для визначення структурних змін природних чи штучних об'єктів, наприклад на об'єкті "Укриття2" Чорнобильської атомної електростанції;
- шумовий радар-рефлектометр для виміру положення шару відсікання електронної плазми за частотою в реакторах керованого термоядерного синтезу;
- радар переднього огляду для автоматизованих систем посадки літаків, а також автоматизованих систем швартування кораблів.

До достоїнств шумових радарних систем слід віднести такі:

- високу електромагнітну сумісність і скритність дії; високу перешкодозахищеність; високу роздільну здатність по відстані і швидкості;
- високу точність при спільному вимірі відстані і швидкості;
- однозначність виміру відстані і швидкості; високу чутливість;
- низький рівень пікової потужності;
- малі габарити й економне споживання енергії.

Г) Радіолокатор для рятувальників

Переносна радіолокаційна станція (маса – 4,5 кг) призначена для виявлення живих людей за оптично непрозорими перешкодами (завали при руйнації будинків і природних утворень, стіни і перекриття, закриті примі-

щення, накопичення каменів, уламків скель і т. ін.) [13]. Дає можливість виявляти живих людей під товщами сухої цегли – на глибині 1,5 м, сухого залізобетону – до 0,7 м, сухого граніту – до 1,0 м. Радіолокатор може застосовуватися для ведення робіт при порятунку людей під час стихійних і техногенних катастроф, аварій і інших надзвичайних ситуацій.

Д) Відеоімпульсний підповерхневий георадар

Призначений для підповерхневого зондування з високою роздільною здатністю (не менше 15–20 см) на глибинах до 2 м (мокра глина) і до 10 м (сухий пісок). Найбільш ефективний – при веденні робіт із зондування на глибинах до 1 м. Відеоімпульсний георадар (рис. 7) має продуктивність георадіолокаційної зйомки 3–4 км траси в годину, включаючи комп'ютерну обробку сигналу [14]. Він може використовуватися для ведення пошуку підземних комунікацій, таких, як труб (металевих і пластикових), кабелів і ін., а також при дослідженнях приповерхніх шарів ґрунту. Якщо георадар призначається для пошуку неоднорідностей у середовищах з рівною поверхнею, то він комплектується додатково антенною системою моноімпульсного типу, що забезпечує контрастне відображення об'єктів і більш точну їхню локалізацію. Для спрощення ін-



Рис. 7.

терпретації результатів радіолокаційного підповерхневого зондування розроблено програмне забезпечення, що дає змогу виконувати електродинамічне комп'ютерне моделювання зображень георадіолокаційних профілів під поверхневої структури ґрунту будь-якої геометричної і електрофізичної складності при будь-яких тимчасових параметрах зондувального сигналу.

Є) Малогабаритний радіолокатор мм-діапазону хвиль

Призначений для виявлення на місцевості людей (дальність – не менш 800 м), транспортних засобів (дальність – не менш 1 500 м) і інших об'єктів. Радіолокатор забезпечує виявлення об'єктів на фоні перешкод, створюваних відображеннями від різних предметів: поверхні суші та моря чи дощу, снігу та граду [15]. Загальна вага радіолокатора, включаючи складені компоненти (НВЧ-блок з поворотним пристроєм, блок обробки, автономне джерело живлення) складає 18 кг, що дозволяє мобільно використовувати його при охороні державного кордону, охороні особливо важливих об'єктів, а також при забезпеченні безпеки руху залізничного й автотранспорту.

Ж) Радіометрична система формування радіотеплових зображень людей

Призначена для виявлення сторонніх об'єктів на тілі людини, схованих під одягом (рис. 8).

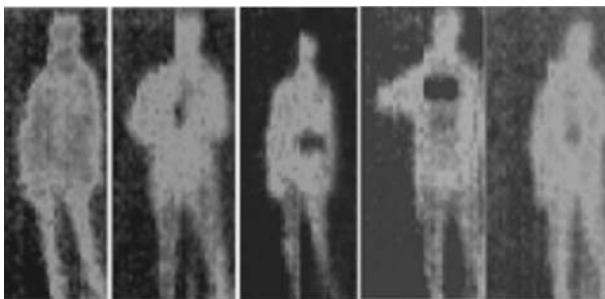


Рис. 8.

Радіометрична система має радіус дії до 3,5 м, що дає змогу використовувати її при роботі служб безпеки в аеропортах, залізничних вокзалах, метро й інших місцях масового зосередження людей. У системі використано електродинамічну структуру на основі принципів перетворення об'ємних електромагнітних хвиль у поверхневі хвилі. Система має у своєму складі металеві дифракційні решітки у виді диска і діелектричний хвилевід, технічно реалізовані в скануючій антені з електромеханічним керуванням положення променя [16]. Поле спостереження – $1,0 \times 2,0 \text{ м}^2$ при дистанції до об'єкта до 3,5 м. Розробку створено разом з НПП "Сатурн".

З) Радіотеплова система для пожежних служб авіаційної охорони лісів

Пропонований радіотеплолокатор (РТЛ) здатний одержувати інформацію про положення палаючої крайки і довжини активної зони горіння як при верхівкових, так і при низових (схованим пологом лісу) і підземних (пожежі на торфовищах) пожежах [17]. Застосування покадрового огляду простору дає можливість забезпечити одержання випереджальної (в польоті) інформації про координати пожежі. У пропонованій системі використано метод сканування в секторі кутів, орієнтованому по напрямку польоту, багатопроменевою діаграмою спрямованості, промені якої розташовані в площині, ортогональній напрямку польоту. Побудова радіотеплових зображень здійснюється в системі обробки інформації безпосередньо на борту літального апарата в режимі реального часу, з наступним зображенням на екрані бортового монітора. Алгоритм побудови зображень дає можливість при використанні симетричного сектора сканування (уперед та назад по польоті) оперативно оцінювати ефективність застосування вогнегасних засобів. Слід зазначити, що імовірність виявлення пожежі площею 10 м^2 складає 0,95 при помилковій тривозі 10^{-4} .

І) Гіперзвукові лінії затримки (ГЛЗ) НВЧ-сигналів

ГЛЗ як запам'ятовуючі пристрої НВЧ-сигналів були вперше у світі запропоновані і розроблені в ІРЕ НАН України [18]. Їхня дія заснована на перетворенні електромагнітної НВЧ-хвилі у гіперзвукову, поширенні цієї хвилі в звукопроводі і зворотному перетворенні її в електромагнітну хвилю. ГЛЗ дозволяє здійснити тривалу затримку НВЧ-сигналу при повному збереженні його когерентності стосовно вхідного сигналу. Завдяки цьому основним призначенням ГЛЗ є використання в радіолокаційних системах різного призначення. В даний час вони використовуються як ГЛЗ калібру сигналу в радіолокаційній системі бічного огляду, встановленої на штучному супутнику Землі "Січ-1".

6. БЕЗКОНТАКТНІ РАДІОХВИЛЬОВІ ДАТЧИКИ

А) Оповіщувач (інформатор) мікрохвильовий охоронний лінійний "МІОЛ-04"

Призначений для охорони ділянок периметра різних протяжних об'єктів, формування і повідомлення тривоги шляхом розмикання вихідних контактів виконавчого реле при перетинанні зони порушником [19]. На відміну від оповіщувачів інших виробників "МІОЛ-04" (рис. 9) має такі переваги:

- скритність роботи (порушник не може визначити по зовнішньому вигляду призначення приймально-передавальних модулів);
- розташування і границі зони виявлення;
- збільшену дальність дії на одну ділянку (до 300 м);
- виявлення повзучого порушника;
- відсутність дорогої кабельної продукції – екранованих чи коаксіальних кабелів, кручених пар і ін.;
- оптимальне співвідношення "ефективність/вартість";

- збільшений термін служби – не менше 8 років безупинної роботи.

Б) Датчик вібрацій на основі когерентного радара мм-діапазону

Призначений для безконтактного виміру вібрацій (переміщень) обертових валів, турбін, двигунів і елементів будівельних конструкцій, фундаментів, стін висотних будинків, вишок, мостів, трубопроводів і високовольтних ліній передачі. Принцип роботи датчика вібрацій заснований на опроміненні вимірюваного об'єкта вузьким радіопроменем і прийомі відбитого сигналу, модульованого по фазі й амплітуді за рахунок вібрації об'єкта [20]. Для відновлення параметрів вібрацій служить розроблений алгоритм обробки сигналів, який реалізований у вигляді програмного забезпечення для ПК. Датчик забезпечує вимір вібропереміщення в діапазоні частот вібрацій 0,1 Гц–50 кГц із точністю не гірше 8 мкм.

В) Датчик октанового числа

Розроблений на принципах виміру комплексної діелектричної проникності у НВЧ-діа-



Рис. 9.

пазоні, датчик дає можливість робити точний контроль за якістю бензину як у промислових, так і в побутових умовах. Малогабаритний, переносний датчик октанового числа призначений для оперативної індикації на стрілочному приладі октанового числа неетиллових автомобільних бензинів [21]. Маючи високу роздільну здатність, дає можливість виявити наявність 14 г води в 1 т нафти.

Г) Датчик рівня

Призначений для точного визначення рівня рідких і сипучих середовищ з точністю до 2 мм. Може використовуватися для контролю рівня рідких і сипучих середовищ в умовах їх промислового і побутового збереження.

7. МАГНІТНІ РАДІОСПЕКТРОСКОПІЧНІ КОМПЛЕКСИ

Призначені для експериментального дослідження фундаментальних властивостей магнетиків, у т. ч. магнетиків технологічної фізики, зокрема матеріалів спінової електроніки, датчиків НВЧ-полів і постійних магнітних полів та магнітних біооб'єктів. Результати магнітоспектроскопічних досліджень можуть використовуватися при розробці систем пам'яті, пристроїв збереження пам'яті, у медичній томографії, біофізиці тощо.

А) Кріомагнітний радіоспектроскопічний комплекс мм-діапазону довжин хвиль

Комплекс являє собою сімейство магнітних НВЧ-радіоспектрометрів, що працюють у широкому діапазоні температур і в міліметровому діапазоні довжин хвиль. Основним елементом комплексу є радіоспектрометр "Буран" [22].

Розробка методів НВЧ-експерименту привела до створення наднизькотемпературного багатофункціонального комплексу "Буран", що дає можливість проводити магніто-

резонансні дослідження електронної структури твердого тіла в області частот 75–150 ГГц, температур 0,3–150 К в присутності магнітного поля до 7 Т. Могутній рефрижератор циркуляції ^3He дозволяє протягом 30–40 хв. охолоджувати відкритий резонатор з досліджуваною речовиною (обсяг до 200 см³) до найнижчих температур.

Іншим пристроєм комплексу є (електронний парамагнітний резонанс) ЕПР-спектрометр "Кварк", розрахований на робочі частоти 20–40 ГГц і температури 300–77 К. Крім досліджень магнетиків, методи радіоспектроскопії застосовуються також для вивчення механізмів дуже малих НВЧ-втрат у діелектриках. Методика вимірів в імпульсному і стаціонарному режимах втілена в криогенному автоматизованому діелектрометрі "Торнадо". Цей комплекс дає можливість вивчати НВЧ-втрати величиною $\text{tg } \delta < 10^{-6}$ в області температур $T = 300\text{--}0,5$ К.

Б) Двохчастотний радіоспектрометр-релаксометр

Завдяки високій роздільній здатності релаксометр може використовуватися при дослідженнях динамічних процесів в електронній і ядерній підсистемах та при вивченні особливостей їхньої взаємодії в області гелієвих температур. Може застосовуватися для визначення спектроскопічних констант електронної і ядерної спінових підсистем з метою прогнозування фізичних властивостей парамагнетиків різних типів (наприклад, речовин поляризованих ядерних мішеней, напівмагнітних напівпровідників та біологічних об'єктів) в умовах їхньої експлуатації.

В) Багатофункціональний автоматизований комплекс

Призначений для вивчення напівпровідників методами ефекта Хола, ЕПР, порушеного повного внутрішнього відбивання й індукційного методу (магнетометра) в інтервалі тем-

ператур 4,2–300 К. Комплекс використовується у вузах України як базове устаткування для проведення лабораторних практикумів, що супроводжують такі теоретичні курси: "Фізика напівпровідників", "Поверхневі явища в напівпровідниках", "Фізика магнетиків".

8. МЕТОДИ І ТЕХНОЛОГІЇ

А) Електродинамічні методи розрахунку і моделювання

На основі ефективних чисельних алгоритмів розроблені: загальна система електродинамічного моделювання НВЧ- і КВЧ-пристроїв [23] і набір спеціалізованих систем автоматизованого проектування (САПР) хвильоводних фільтрів нижніх частот, замикаючих фільтрів, смугово-проникних фільтрів на напівпровідникових резонаторах і на відрізках П- і Н-хвильоводів із позамежними зв'язками, у тому числі з поширеною смугою замикання, диплексерів на Н- і Е-площинних трійниках і розгалуженнях хвильоводів, одно- та двохсмугових антенних пристроїв, таких, як роздільники сигналів ортогональних поляризацій, пластинчасті поляризатори, гофровані рупори й ін. САПР обладнані приладами навчання для користувача, розвинутими інтерфейсами з діалоговими вікнами для введення специфікації на проєктований пристрій і візуалізації динаміки зміни його геометричних характеристик чи параметрів у процесі оптимізації й аналізу.

Розроблено чисельно-аналітичні методи дифракції, що дають можливість моделювати структури електромагнітних полів у відкритих однорідних і неоднорідних резонаторах, діаграми спрямованості випромінювання мікросмужкових антенних решіток і дзеркальних антен, просторово-періодичні напівпровідникові структури, а також одномірно-періодичні структури з кіральним і анізотропним магнітодіелектричним середовищем.

Розроблено методи фізичного моделювання розсіювання електромагнітних хвиль у ква-

зіоптичних діелектричних хвильоводах, що дозволяють вирішувати задачі виміру діаграм розсіювання і поляризаційних сигнатур радіолокаційних об'єктів на зменшених масштабних моделях; моделювати роботи перспективних радіолокаційних систем у терагерцовій області частот; вивчати розсіювання світла на мікрочастинках природного й антропогенного походження на збільшених моделях мікрочастинок.

Б) Методи радіолокації

Розроблено:

- *методи дистанційної акустичної діагностики газонасичених опадів і джерел активних газовиділень на морському дні.* Методи базуються на ефектах лінійної і нелінійної взаємодії звукових хвиль з об'єктами, що містять газ, визначенні їхніх параметрів по характеристиках зворотно розсіяних сигналів на несучих і комбінаційних частотах. Розробка орієнтована на вирішення таких задач, як: пошук і мапування газовиділяючих джерел; вивчення їхньої геологічної будівлі; визначення продуктивності джерел, питомого змісту газу в товщі води і морських опадів, кінематичних характеристик газових "смолокипів"; оцінювання парціальних часток, розчинених у воді, і газів, що викидаються в атмосферу;
- *дистанційні багаточастотні методи дослідження природного середовища.* На принципах їхнього використання створена багаточастотна авіаційна радіолокаційна система "Марс". Її застосування дає можливість здійснювати контроль за забрудненням морської поверхні нафтою і продуктами нафтопереробки з авіаносіїв; здійснювати діагностику стану льодів і льодовиків, моніторинг лісів і сільськогосподарських угідь, а також проводити пошук корисних копалин і вивчати геологічні структури.

- *методи моделювання радіолокаційних перешкод від земної поверхні.* Для моделювання середовищ, що створюють радіолокаційні перешкоди, були обрані природні і штучні ландшафти (рілля, луг, листяний і хвойний ліс, сільськогосподарські поля, внутрішні водойми, забудови, бетон, асфальт). На основі обробки даних радіолокаційних перешкод створені мапи радіолокаційного спостереження.

В) Біофізичні методи

Розроблено:

- *радіофізичні методи в медикобіологічному і аграрному секторах.* Запропоновано використання випромінювання низької потужності (густина потоку $0,05\text{--}5\text{ мкВт/см}^2$) у діапазонах частот $100\text{--}1\ 200\text{ МГц}$ і $8,3\text{--}12,6\text{ ГГц}$ для лікування саркоми Юнга і діабетних поліневропатій. Розроблено систему експрес-тестування вологості зернових культур у період жнив і методика (апаратура) виділення елітної фракції еякуляту великої рогатої худоби та його активація терагерцовим лазерним випромінюванням;
- *методику прогнозування на молекулярному рівні біологічної активності препаратів із протипухлинною дією.* Цю методику розроблено на основі нового підходу до аналізу спектрофотометричних даних у системах *біологічно активний ліганд – нуклеїнові кислоти*. Вона поєднує спектрофотометричні вимірювання (спектрофотометричне титрування у видимій і ультрафіолетовій областях спектра, дослідження кривих плавлення нуклеїнових кислот в ультрафіолетовій області спектра) і чисельні методи обробки й аналізу експериментальних спектрофотометричних даних. Такий підхід дає можливість одержувати більш повну інформацію про спектральні і термодинамічні характеристики всіх комплексів, що утворюються, у системах *ліганд–нуклеїнові кислоти*. Пропонована методи-

ка дає можливість досліджувати молекулярні механізми і розраховувати значення фізичних параметрів, що визначають ефективність біологічно активних речовин, які безпосередньо впливають на роботу конкретних генів. Останні являють собою короткі фрагменти ядерної ДНК чи протяжних відрізків ДНК, що включають кодуєчі і регулюєчі ділянки генома. Пропонована методика дасть можливість відбирати біологічно активні з'єднання з найбільшою ефективністю на молекулярному рівні, тобто оцінити фармакологічну активність за допомогою фізичних параметрів, що характеризують взаємодію таких препаратів з біологічними молекулами, а також установити ефекти синергізму на молекулярному рівні. Біологічне тестування нових фармацевтичних препаратів – досить довга і дорога процедура. Тому прогнозування на молекулярному рівні біологічної активності широкого класу різних фармакологічних препаратів істотно скорочує шлях від синтезу нових лікарських препаратів до їхнього практичного використання в медицині.

Г) Електромагнітна технологія регенерації трансформаторних олій

Розроблено нову технологію регенерації трансформаторної олії в електромагнітному полі КВ-діапазону [24]. В основу технології покладено явище фільтрації і поглинання вологи сорбентами з наступною їхньою регенерацією в електромагнітному полі. До достоїнств технології (в порівнянні з існуючими) варто віднести скорочення енерговитрат у 1,5–2 рази, скорочення часу регенерації в 2–3 рази, збільшення циклів регенерації сорбенту в 2–3 рази, збільшення екологічної безпеки.

Д) Високовакуумні плівкові технології

З метою досягнення високовакуумних плівкових технологій розроблено двопробеневий

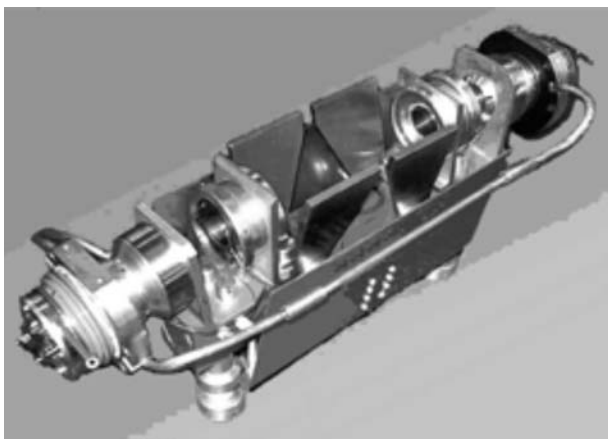


Рис. 10.

багатотигельний електронний випарник (рис. 10), призначений для послідовного чи одночасного випару двох або трьох різнорідних за властивостями матеріалів у різних плівкових технологіях, у тому числі з імплантаційною стимуляцією. Регульований розмір фокусної плями на поверхні випару складає від 0,5 до 3 мм.

При використанні випарника в установках для одержання тонкоплівкових матеріалів досягаються такі характеристики режиму випару Al, Ni, Cu, Cr, Ti, Mo, Ta, Nb при швидкості випару 10–15 А/с: потужність електронного променя – не більш 2 кВт; нерівномірність щільності покриття по площі – не більш 0,5 %; час стабільного осадження без довантаження тигля – не менш 30 хв.; час роботи електронної гармати до заміни катода – не менш 250 год.

Таким чином, наведені дані охоплюють коло пріоритетних напрямків прикладних досліджень, проведених в ІРЕ НАН України, і свідчать про практичну значимість і актуальність отриманих результатів.

Автори статті висловлюють подяку авторам представлених розробок за допомогу при зборі й узагальненні даних. Наш Інститут відкритий для співробітництва, і автори будуть вдячні як науковим організаціям, так і

окремим науковим групам (розроблювачам), бажаним прийняти участь в обговоренні матеріалів статті та зацікавленим інноваційною діяльністю Інституту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мильчо М. В., Ефимов Б. П., Завертанный В. В. Особенности режимов работы генераторов типа клинотрон. // Радиофизика и электроника. – Харьков: Ин-т радиофизики и электроники НАН Украины. – 2005. – Т. 10, № 3.
2. Шестопапов В. П., Вертий А. А., Ермак Г. П. Генераторы дифракционного излучения. – К.: Наук. думка, 1991. – 320 с.
3. Еремка В. Д., Кулагин О. П., Науменко В. Д. Разработка и исследование магнетронов в Институте радиофизики и электроники им. А.Я. Усикова и Радиоастрономическом институте НАН Украины. // Радиофизика и электроника. – Харьков: Ин-т радиофизики и электроники НАН Украины. – 2004. – Т. 10, спец. вып. – С. 42–67.
4. Дзюбенко М. И., Маслов В. В., Шевченко В. В. Эффективные импульсно-периодические лазеры на красителях с ламповой накачкой. // Успехи современной радиоэлектроники. – 2004. – № 1. – С. 30–38.
5. Колпаков С. Н. Современные технологии в системах маркировки промышленных изделий. // Мир техники и технологий. – 2006. – Т. 50, № 8. – С. 14–20.
6. Пат. № 14732А, Україна, МПК А 61N 5/01; А 61N 5/06. Спосіб гіпервисокочастотної терапії та пристрій для його здійснення. / В. К. Кісельов, В. І. Маколинєць, Є. М. Кулєшов, Ю. Ю. Каменєв (Україна). – № 95083931; Бюл. № 3 от 30.06.97.
7. Kamenev Y. E., Kiseliov V. K., Kuleshov E. M. et al. Submillimeter Laser Interferometer-Polarimeter for Plasma Diagnostics // Intern. J. Infr. & Mm Waves. – 1998. – Vol. 19, № 6. – P. 17–21.
8. Фисун А. И., Ткаченко В. И., Белоус О. И., Кириленко А. А. Возбуждение колебаний в открытых резонаторах с эшелеттными и уголковоэшелеттными зеркалами. // Радиотехника и электроника. – 2000. – Т. 45, № 5. – С. 632–639.
9. Стенд для квазиоптических исследований. Партнерский проект УНТЦ Р-103 для Университета штата Аризона, США, (2005).
10. V. K. Kiseliov, T. M. Kushta, and P. K. Nesterov. Quasi-Optical Waveguide Modeling Method and Micro-Compact Scattering Range for the Millimeter and Submillimeter Wave Bands. // IEEE Trans. Antennas & Propag. – 2001. – Vol. AP-49, № 5. – P. 784–792.

11. **Сугак В. Г., Букин А. В., Педенко Ю. А. и др.** Применение специализированного георадиолокатора в задачах инженерной геологии, гидрогеологии и экологии. // Наука та інновації. – 2005. – Т. 1, № 2. – С. 32–43.
12. **Лукин К. А.** Шумовая радарная технология. // Радиофизика и электроника. – Харьков: Ин-т радиофизики и электроники НАН Украины. – 1999. – Т. 4, № 3. – С. 105–111.
13. **Vyazmitinov I. A., Myroshnychenko Y. I., Sytnik O. V.** The features of radar developments for people detection under obstructions. // Telecommunications and Radio Engineering. – 2004. – V. 61, № 10. – P. 875–893.
14. **Головко М. М., Почанин Г. П.** Применение преобразования Хо для автоматического обнаружения объектов на георадиолокационном профиле. // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2004. – Т. 9, № 9–10. – С. 22–30.
15. Пат. № 2109398, Россия, М.Кл. 6Н03d7/14. Открытая излучающая система. / **В. Я. Гоц, В. К. Корнеев, В. И. Луценко, В. С. Мирошниченко.** – Бюл. № 11 от 20.04.98.
16. Патент № 71006, Україна, G01S13/89. НВЧ-радіометрична система радіобачиння з фіксованим полем спостереження / **С. А. Шило, В. О. Комяк, В. М. Чміль, Ю. М. Муськін.** – Бюл. № 11. від 15.11.04.
17. **Абрамов Ю. А., Комяк В. А., Комяк В. М. и др.** Обнаружение очагов лесных пожаров и прогноз динамики их распространения. – Харьков: АГЗУ, 2004. – 146 с.
18. **Ганапольский Е. М.** Гиперзвуковые линии задержки СВЧ сигналов (обзор). // Радиофизика и электроника. – 2005. – Т. 10, спец. вып. – С. 586–599.
19. **Khlopov G., Schuenemann K.** Application of Millimeter Wave Sensors for Security Purposes. // Proceed. of Joint 30th Int. Conf. on Infrared and Millimeter Waves and 13th Int. Conf. on Terahertz Electronics, Williamsburg, USA, Sept. 19–23, 2005. – P. 353–354.
20. **Khlopov G., Schuenemann K.** Application of Millimeter Wave Coherent Radar for Remote Measurements of Vibrations and Displacements. // Proceed. of Joint 29th Int. Conf. on Infrared and Millimeter Waves and 12th Int. Conf. on Terahertz Electronics, Karlsruhe, Germany, Sept. 27–Oct. 1, 2004. – P. 761–762.
21. Патент, UA 59541A 7 G01N 33/22. Пристрій для виміру параметрів рідких речовин (октанометр). / **Ф. В. Ківва, В. М. Горобець, С. М. Зотов, В. О. Кабанов, С. І. Хоменко.**
22. **Tarapov S. I.** Methods and Installation of High-Frequency ESR-Experiment at Very Low Temperatures / J. Magn. and Magn. Mater. – 2004. – P. 272–276; 2123–2125.
23. **Kirilenko A., Kulik D., Parkhomenko Yu., Rud L., Tkachenko V.** Automatic electromagnetic solver based on mode-matching, transverse resonance, and S-matrix technique // Proc. XIV Int. Conf. "Microwaves, Radar and Wireless Commun." – MICON-2002, May 20–23, Poland. – P. 77–80.
24. **Головко М. И., Гончаренко Ю. В., Горобец В. Н. и др.** Установка для регенерации сорбентов в электромагнитном поле. // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2005. – Т. 59, № 5. – С. 49–51.

В. М. Яковенко, А. Е. Когут. ПРИКЛАДНЫЕ НАУЧНЫЕ РАЗРАБОТКИ ИНСТИТУТА РАДИОФИЗИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ им. А. Я. УСИКОВА НАН УКРАИНЫ.

Аннотация: Представлены данные об оригинальных разработках, проведенных в Институте радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины, которые создают круг приоритетных прикладных направлений исследовательской тематики Института. Разработки перспективны для образования новой технопарковой зоны в рамках проведения инновационных процессов в науке.

Ключевые слова: прикладные научные разработки, технопарковая зона, инновационные процессы, Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины.

V. M. Yakovenko, A. E. Kogut. APPLIED SCIENTIFIC DEVELOPMENT WORK OF USIKOV INSTITUTE OF RADIO PHYSICS AND ELECTRONICS OF NASU.

Abstract: The data of original development work which have been carried out by Usikov Institute of Radio Physics and Electronics of NASU are submitted. They originate a range of priority applied lines of investigations of Institute. Scientific research have prospects of new techno-zone creation in the framework of innovative processes in science.

Keywords: applied scientific development work, techno-zone, innovative processes, Usikov Institute of Radio Physics and Electronics of NASU.

Надійшла до редакції 19.12.06