

УДК 621.398.96

І. Р. ПАРХОМЕЙ, доктор техн. наук, доцент,  
Державний університет телекомунікацій, Київ

## ОТРИМАННЯ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ДИНАМІЧНІ ОБ'ЄКТИ ЗІ ЗНИЖЕНОЮ ПЛОЩЕЮ ВІДБИТТЯ

*Розглянуто можливості щодо отримання радіолокаційної інформації про літальні апарати зі зниженою площею відбиття.*

**Ключові слова:** динамічний об'єкт; площа відбиття; амплітуда сигналу.

### Вступ

При створенні сучасних технічних пристроїв дедалі ширше застосовуються неметалічні матеріали, що мають надзвичайно цінні в практичному плані характеристики. Утім відомі підходи до отримання радіолокаційної інформації про об'єкти, виготовлені з таких матеріалів, потребують докорінних змін. Адже вони ґрунтуються на використанні ефектів, що відбуваються в металах під час їх опромінювання електромагнітним НВЧ полем. Тому актуалізується завдання створити умови щодо дистанційної тимчасової зміни властивостей провідності неметалічних матеріалів для використання викликаних ефектів при реалізації існуючих способів радіолокації.

**Мета дослідження** полягає у відшуванні підходів до створення штучної провідності в неметалічних матеріалах за допомогою резонансного впливу НВЧ поля на елементи кристалічної структури діелектрика (напівпровідника).

**Наукове завдання**, що розглядається в цій статті, — це розрахунок кількісних показників, які характеризують можливість зміни електропровідних властивостей діелектрика вуглецевого типу на відстані практичного застосування радіолокаційних систем.

### Основна частина

Локальна провідність уможливорюється завдяки наявності в атомів у зоні провідності певної кількості електронів, що характерно для провідників. У напівпровідників і діелектриків між зоною провідності та валентною зоною існує заборонена зона.

Наприклад, у вуглецю, який широко застосовується в радіотехніці, ширина забороненої зони становить 5,4 еВ [1]. Якщо за певних умов удалося б електрони з валентної зони атома вуглецю перемістити в зону провідності, то відповідна речовина виявляла б властивості провідника. Це дало б змогу змінити погляди на застосування вуглецю, його сполук та інших діелектричних і напівпровідникових матеріалів у радіолокаційній техніці. Що ж до переходу електронів у зону провідності, то він відбувається тоді, коли атом набуває збудженого стану.

Збудження атома можна досягти, вплинувши на нього зовнішнім електромагнітним полем ве-

ликої потужності. Потрібна потужність  $P$  поля опромінювання для переведення одного електрона з валентної зони в зону провідності визначається залежністю [3]

$$P = \frac{w}{\tau}, \quad (1)$$

де  $w$  — ширина забороненої зони (для діелектриків  $w > 2$  еВ);  $\tau$  — час перебування електрона в зоні провідності збудженого атома,  $\tau = 10^{-5} \dots 10^{-6}$  с.

Скажімо, для сажі, основу якої становить вуглець, потрібна потужність дорівнює  $8,64 \cdot 10^{-13}$  Вт. Ураховуючи закон Авогадро, доходимо висновку: створення локальної зони провідності в діелектриках і напівпровідників потребує потужності опромінювального поля від  $10^2$  до  $10^4$  Вт, що не має практичного сенсу. Проте оскільки передавання енергії для збудження атома відбуватиметься за умови досягнення частотного та фазового резонансу коливань зовнішнього джерела електромагнітного опромінювання і власних коливань атома, то енергетичні витрати зменшаться.

Як показує практика [4], типова оглядова радіолокаційна станція (РЛС) із параметрами випромінювання  $P_i = 0,5$  МВт (імпульсна потужність),  $\omega_n = 12$  ГГц (носійна частота),  $\tau_i = 0,5$  мкс (тривалість імпульсу) створює амплітуду коливань на частоті резонансної взаємодії з діелектриком типу сажа ( $U_k = 0,975$  В). Амплітуда коливань сигналу опромінювання на частоті резонансної взаємодії з атомом вуглецю

$$U_k = 2U_n \omega_n \tau_i \left| \frac{\sin\left(\frac{\omega_k}{2} \tau_i\right)}{\frac{\omega_k}{2} \tau_i} \right|, \quad (2)$$

де  $U_n$  — амплітуда сигналу опромінювання на носійній частоті  $\omega_n$ ;  $\omega_k$  — частота  $k$ -ї гармоніки спектра амплітуд сигналу опромінювання (визначається частотою власних коливань атома вуглецю з довжиною хвилі 4700 А).

Тоді потужність  $P$  сигналу опромінювання при робочій дальності станції  $D = 100$  км і вихідному значенні  $P_1 = 0,94$  Вт визначається такою залежністю:

$$P = \frac{2P_1 G \sigma}{(4\pi D^2)^2}, \quad (3)$$

де  $G$  — коефіцієнт підімкнення антени РЛС;  $\sigma$  — площа поверхні діелектрика (напівпровідника).

Якщо на деякій відстані маємо збіг за фазою та частотою (або відповідна різниця є ціла постійна величина) сигналу опромінювання та коливань атомів діелектрика (напівпровідника), то таку взаємодію слід розглядати як когерентну.

При цьому збудження атома настає за рахунок передавання енергії поля опромінювання зовнішнього джерела, коли електрони з валентної зони переходять у зону провідності, що супроводжується випромінюванням радіохвилі. Тривалість випромінювання визначається часом перебування електронів у забороненій зоні після виведення атома зі стану рівноваги і дорівнює 0,5...1 мкс [4].

Результуюча енергія електромагнітного поля випромінювання визначається за такою формулою:

$$E_p = \sqrt{E_e^2 + E_{U_k}^2 + 2E_e E_{U_k} \cos \Delta\varphi}, \quad (4)$$

де  $E_e$ ,  $E_{U_k}$  — енергія відповідно електрона та сигналу опромінювання на частоті резонансної взаємодії;  $\Delta\varphi$  — різниця фаз коливань, які взаємодіють.

Нескладні розрахунки показують, що при  $D = 100$  км у разі опромінювання зразка діелектрика на вуглецевій основі електромагнітним полем із зазначеними раніше характеристиками потужність зворотної радіохвилі становитиме  $1,602 \cdot 10^{-7}$  Вт. Дія резонансного опромінювання приводить не лише до зазначеного ефекту, а й до утворення локальної області провідності з часом існування до 1 мкс.

Наявність цієї області пояснюється сходженням електронів у зону провідності, тобто виникає електричний пробій діелектрика (напівпровідника). Під час пробою можливе наведення на площі поверхні діелектрика вторинного електромагнітного поля НВЧ, а також супутнє відбиття радіохвилі з довільною носійною частотою.

Отже, значний практичний інтерес становить питання про обчислення площі області локальної провідності діелектрика, що виникає при його опромінюванні резонансним електромагнітним НВЧ полем. Для цього необхідно визначити інтенсивність резонансного радіовипромінювання матеріалу за формулою

$$I = \frac{\rho V U^2}{2}, \quad (5)$$

де  $\rho$  — густина матеріалу;  $V$  — швидкість радіохвилі;  $U$  — амплітуда коливань атома.

У даному разі інтенсивність радіовипромінювання діелектрика вуглецевого типу у збудженому стані становить  $16,2 \cdot 10^{-15}$  Вт·м<sup>3</sup>.

Згідно з відомою формулою [3], площа зразка матеріалу визначається так:

$$S = \frac{E}{I}, \quad (6)$$

де  $E$ ,  $I$  — відповідно енергія та інтенсивність радіовипромінювання.

Звідси випливає, що коли практична дальність роботи РЛС  $D = 100$  км, то на поверхні діелектричного покриття вуглецевого типу можна створити локальну область провідності площею  $0,101$  м<sup>2</sup>.

### Висновки

Пропонований підхід до дистанційного керування станом діелектричних і напівпровідникових матеріалів має практичну цінність, оскільки розширює можливості локації літальних апаратів, морських та наземних об'єктів, у конструкції яких дедалі ширше використовуються неметали.

Донедавна вважалося, що такі явища, як збудження радіопоглиначів, пробій ізоляторів, утворення стоячих хвиль у імпедансних покриттях мають лише супутній шкідливий характер, а тому цілеспрямовано не відтворювалися в лабораторних умовах і не досліджувалися.

### Література

1. Пархомей, І. Р. Дослідження явища ентальпії / І. Р. Пархомей: зб. тез доповідей на II Всеукр. наук.-практ. конф. ВІ КНУ ім. Т. Г. Шевченка, Київ, 2006 р.— С. 60–62.
2. Пархомей, І. Р. Методика розрахунку радіопоглинаючих покриттів аеродинамічних літальних апаратів / І. Р. Пархомей: зб. наук. праць ВІПІ НУТУ «КПІ». — 2002. — № 11. — С. 146–151.
3. Пархомей, І. Р. Моделювання умов бажаного процесу керування складною технічною системою / І. Р. Пархомей: міжвід. наук.-техн. зб. «Прикладна геометрія та інженерна графіка», КНУБА, 2006. — № 76. — С. 94–98.
4. Пархомей, І. Р. Обґрунтування процесу взаємодії НВЧ сигналу з кристалічною структурою діелектрика / І. Р. Пархомей, І. А. Кравець // Вібрації в техніці та технологіях. — 2005. — № 2(40). — С. 38–43.

**Рецензент:** доктор техн. наук, ст. наук. співробітник **В. А. Дружинін**, Державний університет телекомунікацій, Київ.

*И. Р. Пархомей*

### ПОЛУЧЕНИЕ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ СО СНИЖЕННОЙ ПЛОЩАДЬЮ ОТРАЖЕНИЯ

*Рассмотрены возможности получения радиолокационной информации о летательных аппаратах со сниженной площадью отражения.*

**Ключевые слова:** динамический объект; площадь отражения; амплитуда сигнала.

*Igor Parkhomei*

### MEASUREMENTS OF TELEMETRY OF NONMETALLIC OBJECTS

*Possible ways of obtaining information of objects from nonmetallic substances are given.*

**Keywords:** efficient area of the reflection; resonance excitation of the crystalline structure; radio covering.