

УДК 621.385.6

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НВЧ РЕЗОНАТОРНИХ СЕНСОРІВ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ БАГАТОШАРОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Щербань І.М., Грицунов О.В.

e-mail: ihor.shcherban@nure.ua

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПП
м. Харків, Україна

This work discusses the prospects for using microwave local sensors to determine the doping profile of semiconductor objects in the scanning microwave microscopy (SMM). Quantitative results for the electric field distribution in a three-layer structure of an object with different degrees of doping are presented. The influence of the electro physical parameters of objects on the field distribution in the probe-object system has been studied. Options for implementing 3D micro scanning of multilayer objects are proposed. It has been shown that SMM makes it possible to determine the profile of the electrical parameters of the objects by depth with locality over a wide range.

Як відомо [1], скануюча мікрохвильова мікроскопія добре зарекомендувала себе в якості інструментарію діагностики приповерхневого шару різних матеріалів в площині поверхні об'єкта. Ця особливість досягається шляхом використання так званого еванесцентного (evanescent) електромагнітного поля, яке формується в підапертурній області коаксіального резонаторного вимірювального перетворювача (РВП). За рахунок цього досягається висока роздільна здатність вимірювань, що залежить тільки від величини радіусу вістря коаксіального зонда [2]. Діагностика в площині товщини об'єкта (по глибині) також можлива в такому випадку, але на відміну від датчиків, що працюють з полем хвильової природи, досяжна локальність може носити субмікронний характер. Це відкриває перспективи проведення локального НВЧ мікросканування глибинного профілю об'єктів.

Визначення електрофізичних властивостей шаруватих об'єктів є одним із пріоритетних завдань у мікро- та нано- електроніці, оскільки всі сучасні пристрої, що відносяться до цієї області функціонують у НВЧ діапазоні. У зв'язку з цим виникає потреба у визначенні глибинного профілю багатошарових об'єктів з метою визначення їхньої електрофізичної структури та контролю основних параметрів, таких як ϵ_s і $\text{tg}\delta_s$.

Дослідження виконуються для робочої частоти 8 ГГц і радіуса вістря $R_{1t} = 20$ мкм. Дані отримано чисельним методом шляхом знаходження розв'язань рівнянь Максвелла для розподілу поля в апертурі зонда та об'єкті. Зазначені розв'язання були знайдені з використанням стандартних пакетів, які базуються на методі кінцевих елементів [3].

На рис. 1 представлені результати моделювання розподілу поля по глибині в об'єкті завтовшки $h = 250$ нм залежно від різних електрофізичних параметрів.

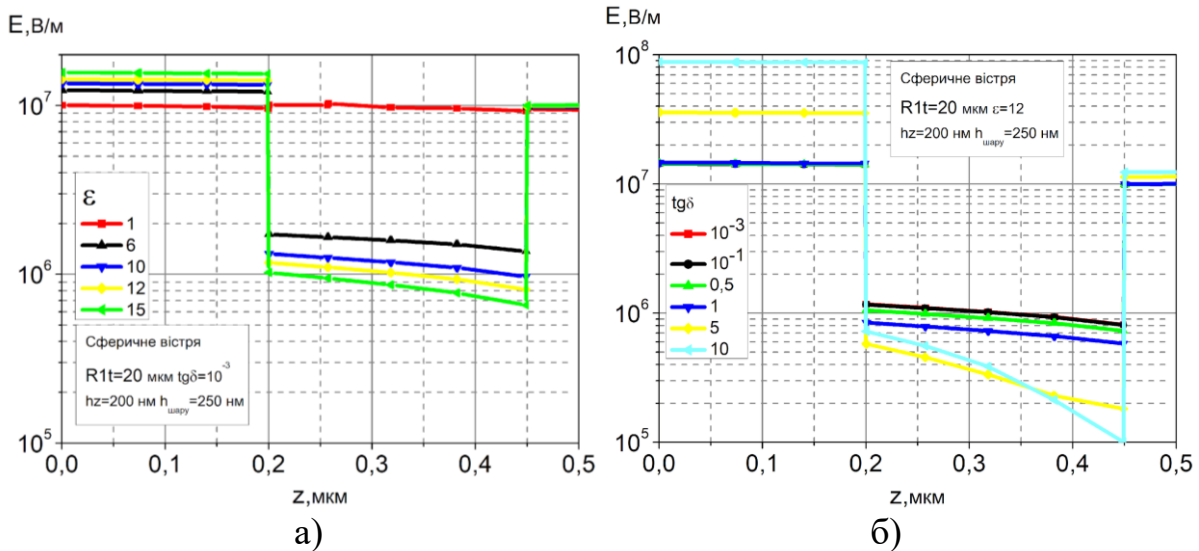


Рис. 1. Розподіл поля по глибині залежно від ε (а) та $\text{tg } \delta$ (б) об'єкта

З представлених залежностей можна бачити, як поглинається поле в кожному шарі досліджуваного матеріалу. На величину поля в шарах впливають кілька факторів: зазор між вістрям і об'єктом h_z , радіус вістря R_{1t} , його форма, неточність дотримання радіусу та форми шляхом механічного заточування, а також значне поглинання у кожному попередньому шарі. Перші два фактори можуть стати інструментарієм для зміни глибини проникнення поля в об'єкт, тим самим забезпечуючи дані для побудови профілю легування матеріалу [4]. Інші фактори, такі як різні похибки при вимірюваннях, пов'язані з конструктивом самого датчика та взаємним впливом шарів, необхідно виключати шляхом розв'язання оберненої задачі вимірювання [1].

Отримані залежності підтверджують можливість визначення ε , $\text{tg } \delta$ та інших параметрів об'єкта з досяжною локальністю по глибині в субмікронному діапазоні. Видно, що зі збільшенням ε і $\text{tg } \delta$ характер розподілу поля в області зазору та матеріалу суттєво змінюється. Так, найбільше значення поля над об'єктом досягається за максимальних значень вказаних електрофізичних параметрів, а всередині об'єкта – за мінімальних.

Список використаних джерел:

1. Бондаренко І.М., Гордієнко Ю.О., Панченко О.Ю. Напрями та проблеми мікрохвильових досліджень вологовмісних матеріалів та структур: моногр. Харків: ФОП Панов А.М., 2019. 320 с.
2. Інтелектуальні вимірювальні системи на основі мікроелектронних датчиків нового покоління : моногр. / Ю.О. Гордієнко, Я.І. Лепіх, С.В. Дзядевич та ін. Одеса: Астропринт, 2011. 352 с.
3. Bate K.Yu. Finite element methods. М.: Fizmatlit, 2010. 1024 p.
4. Wallis T.M., Kabos P. Measurement Techniques for Radio Frequency Nanoelectronics. Cambridge: Univ. Press, 2017. 314 p.