

ТРЕХМЕРНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ ВЫСОКОЛОКАЛЬНЫХ СВЧ ЗОНДОВ С КООКСИАЛЬНОЙ АПЕРТУРОЙ

Левченко А. В., Духновский С. К.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., проф. Гордиенко Ю.Е.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. МЭПУ, тел. (057) 702-13-62)

e-mail: mepu@kture.kharkov.ua

In this paper we present the results of investigations of an electromagnetic field penetration on depth into the object under study. It is established that the depth distribution of the field depends on the electrophysical parameters of the object, the shape of the tip, and also the location of the region of investigation. The possibility of an analytical approximation of the distribution of the total field over the depth for cases of contact mode and a gap of $1\mu\text{m}$ is shown.

Микроволновые ближнеполевые зонды с коаксиальной апертурой часто и широко применяются в Сканирующей микроволновой микроскопии, в частности в случае резонаторных методов [1]. Исследуемый объект вносится в ближнее поле, формируемое вокруг острия центральной жилы коаксиальной апертурообразующей области резонаторного зонда и таким образом объект влияет на параметры резонансной системы. Степень этого влияния определяется коэффициентом включения образца в электрическое поле резонаторного зонда [2].

Становится ясно, что исследование полного поля, проникающего в исследуемый объект является важной задачей в рамках выбора подхода к сканированию объекта. В представленной работе необходимое распределение поля $E(r, \varphi, z)$ получено посредством численного решения уравнений Максвелла методом конечных элементов. На рис. 1 представлено распределение полного поля по глубине объекта при разных значениях его электрофизических характеристик для разных форм острия.

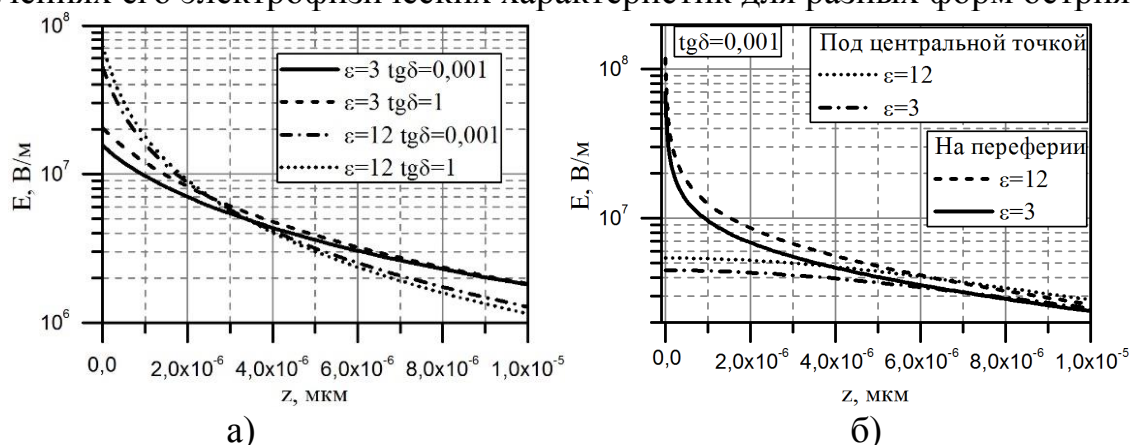


Рисунок 1 – Распределение полного поля по глубине для сферического(а) и конического острия(б)

Для сферического острия наблюдается зависимость максимального поля, а также наклона кривых от характеристик объекта. Видно, что с уменьшением ϵ и $\text{tg}\delta$ уменьшается значение максимального поля в приповерхностном слое и кривые приобретают более пологий вид. В случае конического острия крутизна кривых на отображаемой глубине не меняется. Видно, что на периферии, по сравнению с центром острия, наблюдается значительно больший градиент падения поля, что объясняется трубчатой формой поля.

Нами осуществлена попытка аналитически аппроксимировать распределение полного поля по глубине для случаев контактного режима и зазора в 1 мкм, что изображено на рисунке 2а и 2б соответственно. Её результаты привели к выражению:

$$E(z) = (a + b \cdot z + c \cdot z^2)^{-1} \quad (1)$$

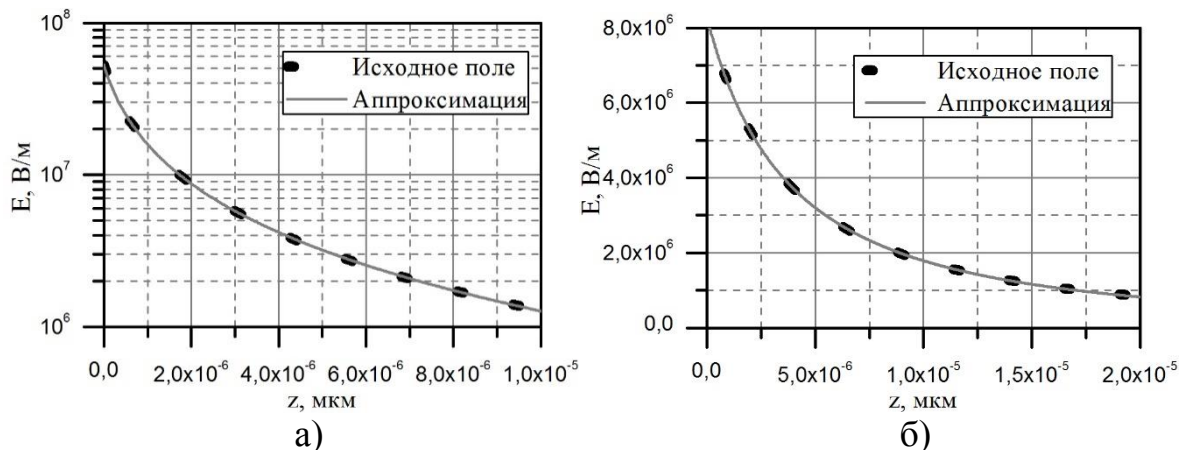


Рисунок 2 – Аналитическая аппроксимация распределения поля по глубине объекта для сферической формы острия

Развитием этой модели будет создание квазианалитической модели СВЧ резонатора на ближнеполевом зонде с коаксиальной апертурой, допускающей широкие исследования его метрологических характеристик и оптимальное проектирование.

Список литературы:

1. Anlage S. M. Principles of near-field microwave microscopy / S. M. Anlage, V. V. Talanov, A. R. Schwartz, eds. S. V. Kalinin, A. Gruverman // Scanning probe microscopy: electrical and electromechanical phenomena at the nanoscale. — N. Y.: Springer-Verlag. — 2007. — P. 207–245.
2. Gordienko Yu. Ye. Suppressing the effects of interfering factors in local microwave diagnostics / Gordienko Yu. Ye., Shiyano O. P., Shcherban I. M. // Telecommunications and Radio Engineering, 2016. — Vol. 75, №14. — p. 1221–1229.