

РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОТЕНЦІАЛУ В СИСТЕМІ ЗІ СКЛАДНИМИ ГРАНИЧНИМИ УМОВАМИ

Савченко С.О.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, просп. Науки, 14, каф. МЕЕПП, тел.(057)702-13-62)

e-mail: sergeysas95@gmail.com, факс (057) 702-11-13

The report discusses the results of modeling the distribution of the azimuthal component of the high-frequency magnetic field, the radial and axial components of the electric field in the space of a cylindrical system with azimuthal symmetry.

У доповіді розглядаються результати моделювання розподілу азимутальної складової високочастотного магнітного поля, радіальної і аксіальної складових електричного поля у просторі циліндричної системи з азимутальною симетрією [1].

Актуальність роботи пов'язана з тим, що в даний час практично всі нові електронні прилади проектуються за допомогою комп'ютерного моделювання. Перш ніж прилад надійде у виробництво і навіть перш ніж буде отримано дослідний зразок, необхідно розрахувати його електричні характеристики, а для цього потрібно вирішити дві групи рівнянь: рівняння Максвелла для електромагнітних полів і рівняння масопереносу для заряджених частинок у твердому тілі або вакуумі.

Об'єктом дослідження в доповіді є коаксіальний датчик для неруйнівного і безконтактного вимірювання параметрів напівпровідників.

Мета роботи – розробка методики моделювання розподілу електромагнітних полів в робочому обсязі коаксіального резонатора квазістаціонарного типу шляхом вирішення рівняння Гельмгольца.

Геометрію системи, що моделюється, показано на рис.1. Інтегрування рівнянь Максвелла здійснюється методом скінченних різниць для азимутальної складової індукції магнітного поля B_φ .

З використовуваних на практиці алгоритмів розв'язання системи лінійних алгебраїчних рівнянь, що утворюється внаслідок застосування методу скінченних різниць, найбільш популярними є методи Гаусса-Зейделя послідовної верхньої релаксації. Оскільки метод Гаусса-Зейделя не відноситься до таких, що швидко сходяться, класичну умову збіжності для вищевказаної задачі

$$\max \delta(j, k) = \max \left(B_\varphi^{l+1}(j, k) - B_\varphi^l(j, k) \right) < \varepsilon,$$

де l – номер ітерації; j, k – номери вузлів мережі дискретизації; ε – деяке мале число, не можна вважати задовільною.

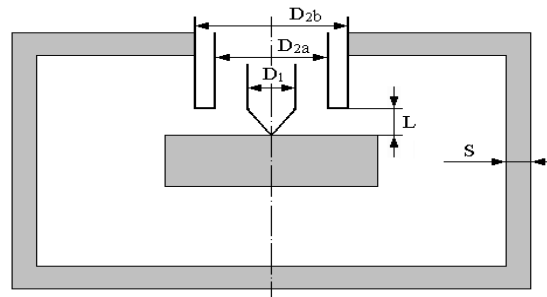


Рис. 1. Схематичне зображення області, що моделюється

Для усунення цього недоліку запропоновано модифікацію методу послідовної верхньої релаксації, відому як чебишовське прискорення. Вона полягає в тому, що замість фіксованого значення параметра релаксації ω використовується змінне значення. На початку ітерацій приймається $\omega = 1$. Надалі цей параметр поступово збільшується, наближаючись до оптимального значення. Перевага застосування чебишовського прискорення полягає в тому, що при його використанні не спостерігається початкового збільшення невязки, характерного для методів Гаусса-Зейделя послідовної верхньої релаксації. Тим самим тривалість ітераційного процесу зменшується приблизно на 100 ... 150 кроків.

Вищеописаний алгоритм реалізовано у вигляді програми для ОС Window та випробувано на макетах реальних систем – давачів для скануючої зондової мікроскопії. Зокрема, розраховано радіальні та аксіальні розподіли азимутальної складової індукції магнітного поля B_ϕ , а також аналогічні функції для радіальної E_r та аксіальної E_z компонент напруженості високочастотного електричного поля в аксіальному перетині системи, що моделюється. Детальний аналіз отриманих характеристик дає змогу стверджувати, що вони як якісно, так і кількісно співпадають з відповідними відомими розподілами.

Висновок: запропонована методика розрахунку полів є досить точною і надійною, отже, її має сенс використовувати без будь-якої додаткової перевірки в реальних програмних системах. Передбачається застосовувати розроблену програму не тільки для наукових цілей, але й в навчальному процесі.

Література: 1. Е. М. Огарков, А. Т. Ключников, А. Д. Коротаев, «Расчет электромагнитного поля в неподвижных электропроводящих изотропных средах», *Фундаментальные исследования*, № 12-1, с. 91-95, 2016.