

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУР СО СЛОЯМИ ИЗ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Головкина М.В., *доцент*

Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

После открытия высокотемпературной сверхпроводимости в 1986 г. [1] структуры на основе сверхпроводников находят все большее применение. В последнее время на фоне успехов в области нанотехнологий стало возможным изготовление нанокomпозитных материалов, содержащих включения из высокотемпературных сверхпроводников различной формы и размеров [2]. Такие композитные материалы, содержащие сверхпроводящие включения малых размеров позволяют преодолеть проблему терромагнитной неустойчивости и дают возможность использования высокотемпературных сверхпроводников при более высоких температурах [3].

В работе теоретически рассматриваются электродинамические свойства тонкопленочных структур, содержащих тонкие пленки нанокomпозитного материала с включениями из высокотемпературной иттриевой керамики [4] и тонкие слои обычного материала. Рассматривались композиты со сверхпроводящими включениями в виде цилиндров и дисков. Электрические и магнитные свойства композита описывались путем введения эффективной диэлектрической и магнитной проницаемости. В качестве метода гомогенизации параметров среды со сверхпроводящими включениями для расчета диэлектрической и магнитной проницаемостей использовался формализм Максвелла Гарнетта [5]. Магнитные свойства отдельных сверхпроводящих включений рассчитывались с учетом формы включений [6]. Температурная зависимость комплексной диэлектрической проницаемости сверхпроводящих включений рассчитывалась в рамках феноменологической модели [7]:

$$\sigma_1(t) = \sigma_n(1) \cdot \left[t^{\gamma-1} + \alpha \cdot (1 - t^{\gamma}) \right], \quad (1)$$

$$\sigma_2(t) = \frac{1}{\omega\mu_0\lambda^2(t)},$$

$$\lambda(t) = \frac{\lambda(0)}{\sqrt{1-t^\gamma}},$$

где $t = T/T_c$ – приведенная температура, T_c – критическая температура, $\sigma_n(1)$ – проводимость сверхпроводника при температуре перехода в сверхпроводящее состояние, $\lambda(t)$ – лондоновская глубина проникновения магнитного поля в сверхпроводник, $\lambda(0)$ – лондоновская глубина проникновения при нулевой температуре, α и γ – безразмерные феноменологические параметры.

Проведен численный расчет коэффициентов отражения и прохождения от рассматриваемых структур для сверхпроводящих включений различной формы, концентрации при разных температурах, не превышающих критическую температуру для сверхпроводника. Показано, что малые изменения температуры вблизи критической могут существенно изменить значения коэффициентов отражения и прохождения для структуры нанокompозитной проводник – диэлектрик. В результате проведенных исследований можно сделать вывод о перспективности применения рассматриваемых структур для изготовления частотных фильтров с малыми потерями с возможностью температурного регулирования.

1. J.G. Bednorz, K.A. Muller, *Z. Phys.* **64**, 189 (1986).
2. F. Gömöry, M. Vojenčiak, et. al., *Supercond. Sci. Tech.* **22**, 034017 (2009).
3. А.В. Гуревич, Р.Г. Минц, А.Л. Рахманов, *Физика композитных сверхпроводников* (М.: Наука: 1987).
4. A. Mourachkine, *High-temperature superconductivity in cuprates: the nonlinear mechanism and tunneling measurements* (Dordrecht: Kluwer Academic: 2002).
5. М.В. Головкина, *Научно-техн. ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, сер. физ.-мат. науки* **3**, 105 (2010).
6. E.H. Brandt, *Phys. Rev. B.* **58**, 6506 (1998).
7. O.G. Vendik, I.B. Vendik, D.I. Kaparkov, *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* **46**, 469 (1998).