

ДИНАМИЧЕСКИЙ МАГНЕТИЗМ СЛУЧАЙНОГО КЛАСТЕРА МАЛЫХ НЕМАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ

М. Ю. Барабаненков

Федеральное научное бюджетное учреждение Институт проблем
технологии микроэлектроники и особочистых материалов
Российской академии наук, Черноголовка, Россия
E-mail: barab@iptm.ru

В работе [1] дано последовательное описание механизма появления искусственного диамагнетизма, наведенного внешней электромагнитной (эм) волной в непериодических кластерах немагнитных частиц, настроенных на резонансное рассеяние Ми. Основными уравнениями [1] являются обобщенная формула Лорентц - Лоренца, учитывающая частотный, геометрический и корреляционный эффекты в кластере, а также правило Линхарда [2] для эффективной магнитной проницаемости дискретной среды в длинноволновом пределе $k \rightarrow 0$.

В докладе рассмотрено приближение дипольного рассеяния на независимых рассеивателях, в котором эффективная магнитная проницаемость μ_{eff} ансамбля малых сферических частиц принимает вид

$$1 - \frac{1}{\mu_{eff}} = \frac{4\pi f_1 \chi}{(1 - 4\pi f_1 \eta / 3)^2} \quad (1)$$

и приведены результаты расчетов частотной зависимости μ_{eff} кластеров частиц кремния и золота. В (1) через f_1 , η и χ обозначены объемная плотность, электрическая и магнитная восприимчивость частиц, соответственно.

На рис. 1 – 4 приведены результаты расчетов действительной части эффективной магнитной проницаемости $\text{Re}\mu_{eff}$ кластеров частиц Au и Si в терагерцовом и видимом частотных диапазонах эм излучения, соответственно. Найден резонансный диапазон частот, в котором $\text{Re}\mu_{eff}$ может принимать нулевое и отрицательные значения. Отметим, что идеальный диамагнетизм (рис. 1) соответствует объемному фактору 0.9, который, однако, может быть уменьшен до разумной величины уменьшением частиц золота (рис. 2). Радиус же частиц кремния составляет 100 нм с параметром упаковки порядка 0.2 (рис. 3). С физической точки зрения найденный диапазон параметров характеризуется тем, что внутри частицы возбуждается одна и только одна мода Ми магнитного рассеяния. Как видно из рис. 4, в случае сфер большего размера, физически интересный результат исчезает.

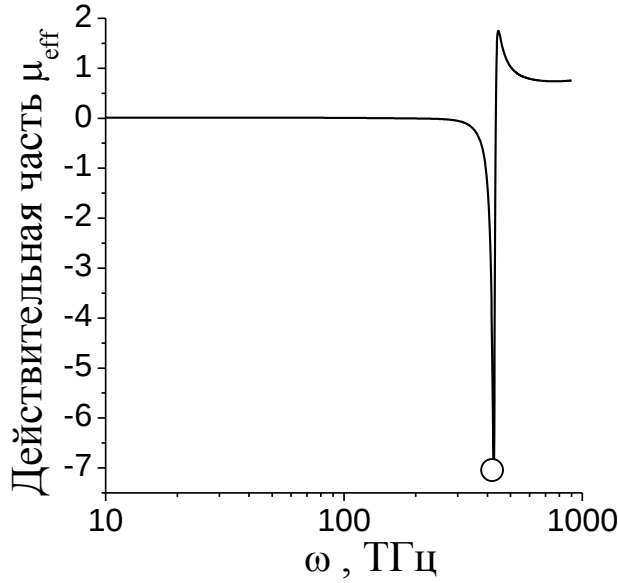


Рис. 1. Рассчитанная по (1) зависимость $\text{Re}(\mu_{\text{eff}})$ ансамбля сфер золота радиусом $r_0 = 600$ нм, $f_1 = 10^{12}$ см³ в воздухе от частоты. Кружком указана частота 425 ТГц (см. Рис.2).

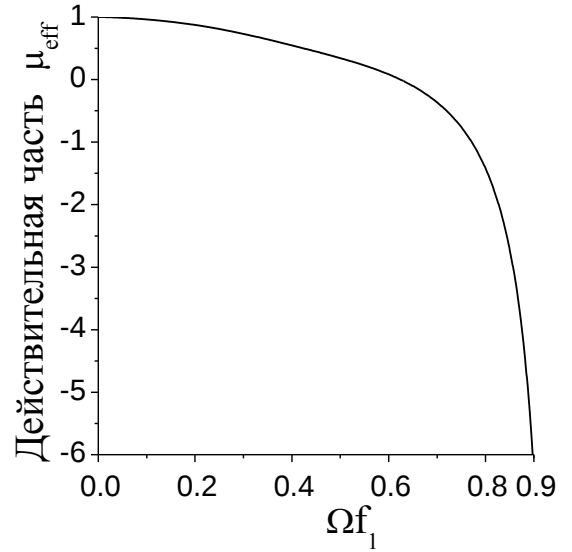


Рис. 2. Зависимость (1) $\text{Re}(\mu_{\text{eff}})$ ансамбля сфер золота от объемного фактора при частоте 425 ТГц, постоянной плотности частиц $f_1 = 10^{12}$ см³ и их переменном радиусе от 60 до 600 нм; Ω - объем сферы.

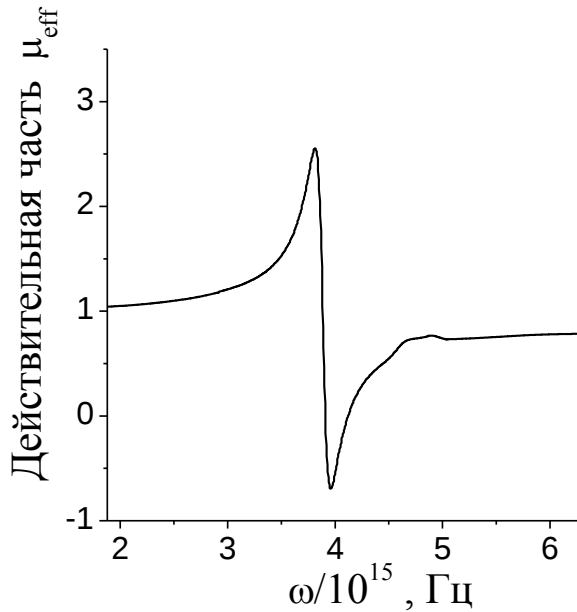


Рис. 3. Зависимость (1) $\text{Re}(\mu_{\text{eff}})$ ансамбля сфер кремния радиусом $r_0 = 50$ нм, $f_1 = 4 \times 10^{14}$ см³ в воздухе от частоты. Объемный фактор $f_1 \Omega = 0.21$

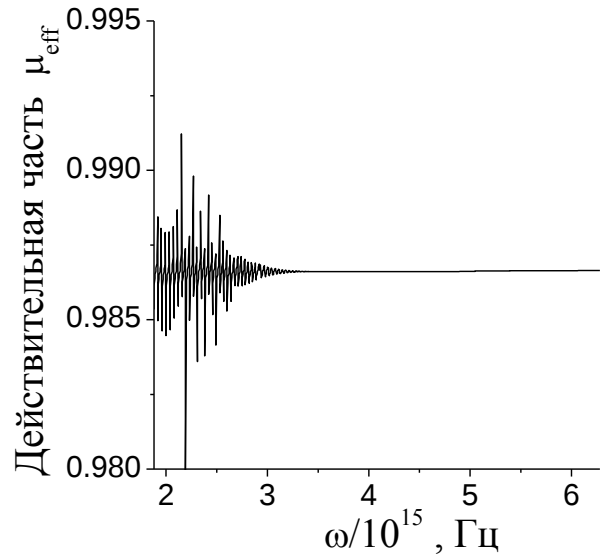


Рис. 4. Зависимость (1) $\text{Re}(\mu_{\text{eff}})$ ансамбля сфер кремния радиусом $r_0 = 6$ мкм, $f_1 = 10^7$ см³ в воздухе от частоты. Объемный фактор $f_1 \Omega = 0.009$

1. Barabanenkov, Yu. N., Barabanenkov M. Yu., Nikitov S. A. // arXiv:1009.4770v1 [cond-mat.dis-nn] 24 Sep 2010.
2. Lindhard, J. // Dan. Mat. Fys. Medd.. 1954. V. 28. № 8. P. 3–57.