

**50-я научная конференция МФТИ**  
**Факультет проблем физики и энергетики**  
**Секция прикладной теоретической физики**

---

УДК 538.3(075.8)

*Дорофеев А.В.<sup>1,2</sup>, Виноградов А.П.<sup>2,1</sup>*

<sup>1</sup> Московский физико-технический институт (государственный университет)

<sup>2</sup> Институт теоретической и прикладной электродинамики РАН

**Использование формул смешения для нахождения  
эффективных параметров метаматериалов**

При прохождении электромагнитной волны через неоднородную среду, масштаб неоднородности которой много меньше длины волны, среда воспринимается как однородная с некоторой эффективной диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon_{eff}$ . Теории, предсказывающие значение  $\varepsilon_{eff}$ , появлялись с начала 20-го века, и самые известные из них — теория Гарнетта, теория эффективной среды и симметризованная формула Гарнетта. Эти формулы смешения выводятся из различных соображений и предсказывают различные значения  $\varepsilon_{eff}$ , которые, как правило, оказываются близкими, если среда включает только диэлектрические материалы ( $\varepsilon > 0$ ).

В последнее время для получения экстремальных значений  $\varepsilon_{eff}$  стали использоваться композитные материалы, включающие в себя металлические элементы с  $\varepsilon < 0$ . Оказалось, что прямое применение теории эффективной среды и симметризованной формулы Гарнетта приводит в этом случае к нефизическим результатам. Это связано с неправильным выбором ветви квадратного корня, возникающего в формуле для  $\varepsilon_{eff}$ , который приходится рассматривать как функцию нескольких комплексных переменных. В данной работе предлагается алгоритм нахождения  $\varepsilon_{eff}$ , который даёт приемлемые результаты как для теории эффективной среды, так и для симметризованной формулы Гарнетта. Плазмонный резонанс на поверхности металлических включений приводит к резонансному поведению  $\varepsilon_{eff}$  в случае формулы Гарнетта и к появлению области эффективной диссипации в теории эффективной среды. Симметризованная формула Гарнетта даёт то или другое поведение, в зависимости от значений параметров. В данной работе исследуются эти характерные особенности  $\varepsilon_{eff}$  и их зависимость от значений диэлектрических проницаемостей компонентов и объёмной доли металла.

---

Представленная выше версия доклада является ознакомительной.

Версию доклада, предназначенную для печати,  
можно найти в факультетском сборнике трудов конференции.  
Электронные материалы конференции публикуются по адресу  
[http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen\\_sections/](http://www.mipt.ru/nauka/conf50/plen_sections/)