

ОПТИКА И СПЕКТРОСКОПИЯ

УДК 535. 537. 621. 371.

DOI: 10.17223/00213411/65/3/3

ЭВАНЕСЦЕНТНЫЕ ВОЛНЫ В МЕТАМАТЕРИАЛЕ
С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ОПТИКИ*

Б.Б. Авербух, И.Б. Авербух

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия

Среда скомпонована из плоскопараллельных монослоев, состоящих из элементов Гюйгенса. В модели молекулярной оптики получены выражения для отраженного поля, поля в среде и (в случае слоя конечной толщины) за средой. Выяснен физический механизм и получено условие усиления поля в среде. Введен показатель преломления среды. Показано, что возможное преодоление дифракционного предела для эванесцентных волн ограничено, и получено условие, ограничивающее разрешающую способность плоскопараллельного слоя метаматериала. В случае слоя среды конечной толщины показан выход обратной волны за пределы метаматериала.

Ключевые слова: молекулярная оптика, метаматериал, элемент Гюйгенса, мимолетные волны, обратные волны, показатель преломления, разрешающая способность.

Введение

Реализация концепции суперлинзы, предложенной в [1], привела к необходимости теоретических исследований в области электродинамики эванесцентных волн в метаматериалах с отрицательным преломлением. Необходимо было выяснить, возможно ли усиление эванесцентных волн (и каков его механизм), возможны ли преодоление дифракционного предела и субволновая фокусировка (и в какой мере), реализуемы ли однородные и изотропные среды с $\epsilon < 0$ и $\mu < 0$.

Обычно взаимодействие эванесцентных волн с метаматериалом описывается, исходя из уравнений Максвелла. Широко используются численные методы. Рассматривается распространение «падающей» эванесцентной волны сквозь плоскопараллельный слой метаматериала. При решении граничной задачи задаются выражения для отраженной волны, волн в слое и волны, прошедшей слой. Определяются коэффициенты отражения и пропускания слоя [2, 3]. Среда описывается диэлектрической $\epsilon < 0$ и магнитной $\mu < 0$ проницаемостями или показателем преломления n . В случае суперлинзы $\epsilon = \mu = n = -1$. Теоретических работ (и критических, и согласующихся с результатами [1]) много [3]. Модели среды, методы решения и ответы – разные. В [4] показано, что усиление эванесцентных волн в такой среде возможно. Оно резонансно и максимально при $k_{\perp} \approx k$, где $k_{\perp}$ – параллельная плоскости раздела компонента волнового вектора падающего поля. Это не согласуется с результатами [1], где рассматривается область $k_{\perp} \gg k$. Именно этим и объясняется практически неограниченное улучшение разрешающей способности (пропорциональной $1/k_{\perp}$), сформулированное в [1]. Эта же ($k_{\perp} \gg k$) область рассматривается при анализе [5, 6] субволновой фокусировки. В [7] утверждается, что усиления эванесцентных волн в такой среде нет.

Описание среды с помощью ϵ , μ или n означает подмену реальной неоднородной среды однородной. Но в [8] было показано, что «дифракционный предел не может быть преодолен при использовании однородных материалов с отрицательным преломлением». Актуален вопрос о самой возможности существования однородных изотропных сред с $\epsilon < 0$ и $\mu < 0$ (сред Сивухина [9]). В [10] утверждается, что «в оптической области спектра существование непрерывных однородных сред с $\epsilon(\omega) < 0$, $\mu(\omega) < 0$ невозможно», а существование обратных волн обусловлено не $\epsilon(\omega) < 0$,

* Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ, дополнительное соглашение от 1 июня 2021 г. № 075-02-2021-1389.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>