

Рассеяние волны на идеально проводящей ленточной решетке

А.С. Берёза^{*}, А.В. Немыкин

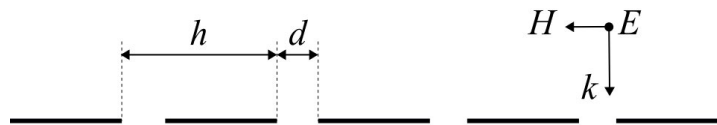
Институт автоматики и электрометрии, Сибирское отделение РАН

^{}E-mail: berezaas@iae.nsk.su*

DOI:10.31868/RFL.2024.149-150

Рассеяние света на периодических структурах имеет множество важных приложений [1]. В частности, использование метаповерхности в биосенсорах позволяет усилить коллективный отклик молекул, возбуждаемых полем плазмона. Размещение исследуемой среды вблизи поверхности решетки дает возможность получить высокую чувствительность оптического сенсора к параметрам среды [2]. Современные технологии позволяют создавать эффективные периодические структуры для антенн терагерцового диапазона. В то же время эти задачи требуют разработки весьма сложных математических методов, либо больших вычислительных мощностей при использовании численных методов, таких как методы граничных и конечных элементов (BEM, FEM), приближение точечных диполей (DDA) и различных коммерческих кодов.

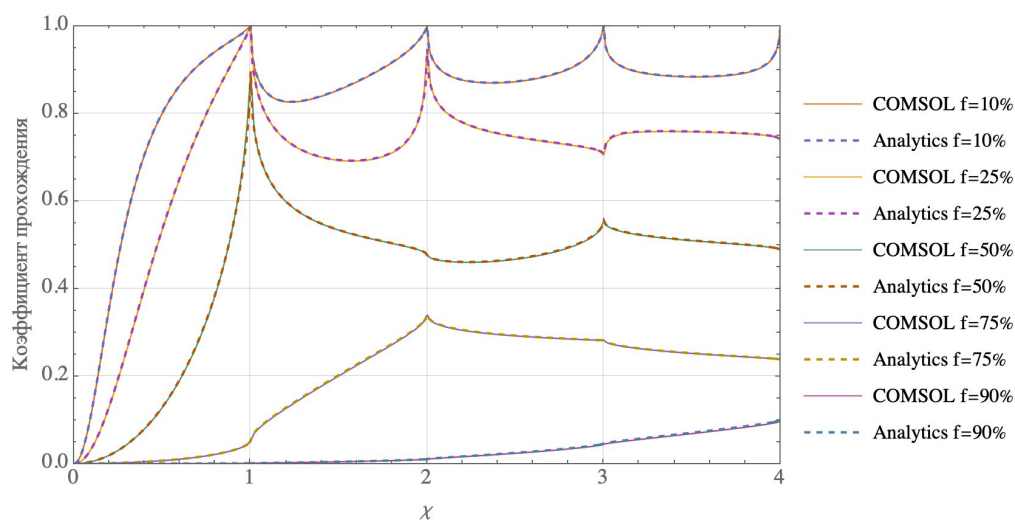
Рис. 1: Геометрия задачи.



Рассмотрим задачу нормального падения плоской волны на решетку, состоящую из бесконечно тонких идеально проводящих лент (рис.1). Хотя, подобные задачи сами по себе не новы, интерес к ним сохраняется и в настоящее время. Существует множество аналитических формул, приводящих к набору бесконечных систем уравнений, которые нужно решать синхронно, что при попытке ограничить размерность системы порождает проблему сходимости. В работе [3] был реализован подход, который позволил отказаться от избыточного набора неизвестных и свести интегральные уравнения к системе линейных алгебраических уравнений, не требующей итерационного решения. Цель настоящей работы - верификация полученных решений при помощи пакета COMSOL Multiphysics.

На рис.2 представлено сравнение спектральных коэффициентов прохождения, полученных моделированием в среде COMSOL Multiphysics, и аналитического решения в зависимости от относительной ширины щели $\chi = h/\lambda$ при различных коэффициентах заполнения решетки, т. е. отношениях ширины проводящей полосы к периоду $f = d/h$. Видно, что с увеличением заполнения при одной и той же длине волны коэффициент прохождения уменьшается, то же самое наблюдается при увеличении длины волны для субволновой решетки. В высокочастотном пределе коэффициенты прохождения стремятся к предельным значениям геометрической оптики. Также в точках Рэлея наблюдаются характерные резонансы коэффициентов прохождения и их исчезновение/появление для решеток с различным заполнением. Как видно,

полученное аналитическое решение согласуется с численным счетом с



погрешность меньше процента.

Рис. 2: Коэффициенты прохождения света сквозь решетку при различных коэффициентах заполнения. Пунктирные кривые - аналитическое решение, сплошные - моделирование в среде COMSOL Multiphysics.

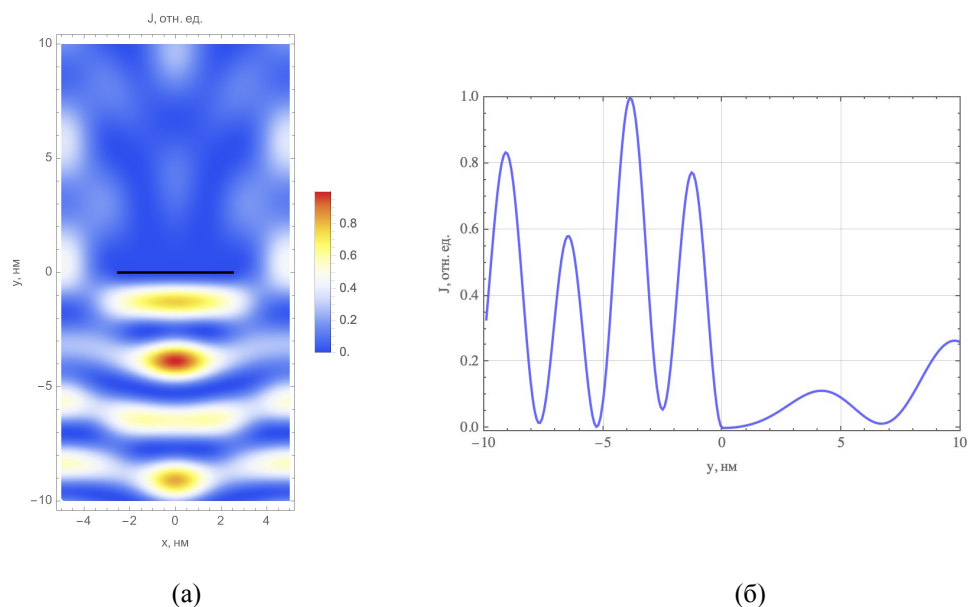


Рис. 3: Плотность потока электрического поля : тепловая карта (а) и сечение при $y = 0$ (б).

Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 24-22-00087).

Литература

- [1] Xu Y. et al. *Adv. Opt. Mater.*, **7** (9), 1801433 (2019)
- [2] A. Nemykin, et al. *Sensors* 2022, **22**(2), 449
- [3] В.П. Шестопалов, *Издат.: Харьковский университет* (1971)
- [4] А.В.Немыкин, Д.А.Шапиро. *Квантовая электроника*, **52**, № 11 (2022)