



Ideal conversion of surface waves

ИДЕАЛЬНАЯ КОНВЕРСИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН

Novitsky, Andrey; Galynsky, V. M.

Published in:
Proceedings of Optics-2011

Publication date:
2011

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

Citation (APA):
Novitsky, A., & Galynsky, V. M. (2011). Ideal conversion of surface waves: ИДЕАЛЬНАЯ КОНВЕРСИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН. In *Proceedings of Optics-2011* (pp. 646-647) <http://conf-opt.ifmo.ru/index.php?page=main.php>

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

ИДЕАЛЬНАЯ КОНВЕРСИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН

Новицкий А.В.***, Галынский В.М. **

*Технический университет Дании, Люнгбю, Дания

**Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Обнаружены условия, при которых поверхностная волна может пройти через границу раздела сред, без преобразования в объемную. Использование данного эффекта будет востребовано при разработке и создании поляризационных фильтров и разделителей пучков поверхностных волн.

С помощью последних достижений нанотехнологий и плазмоники все больше различных устройств обработки сигналов конструируется¹⁻³ с использованием поверхностных поляритонов (плазмон-поляритонов) — поверхностных электромагнитных волн. Для их существования необходимо, чтобы, по крайней мере, одна из граничащих сред обладала либо отрицательным показателем преломления, либо анизотропией (но в этом случае направления распространения волн будут ограничены). В данной работе исследуются условия для материальных параметров граничащих сред, при которых поверхностная волна, возбужденная на границе раздела между двумя средами, могла бы без рассеяния или образования объемных волн распространяться вдоль этой границы, но уже с другими граничащими средами, см. рисунок 1.

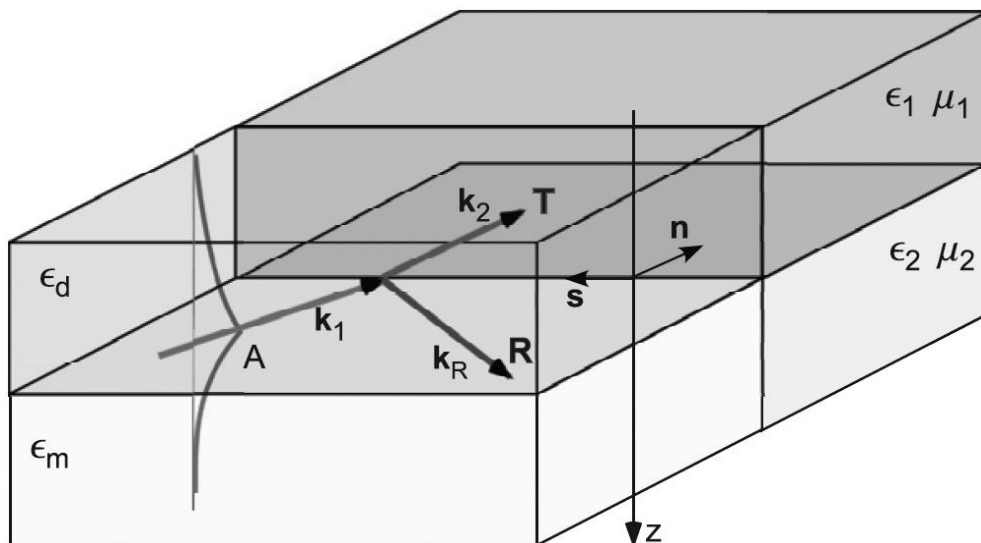


Рис. 1. Геометрия задачи: поверхностный поляритон возбужден на между металлом ϵ_m и диэлектриком ϵ_d и распространяется с волновым вектором \mathbf{k}_1 . На границе с другими двумя средами поверхностная волна частично отражается (с волновым вектором \mathbf{k}_R) и преломляется с волновым вектором \mathbf{k}_2

Была решена граничная задача для волны, взаимодействующей сразу с четырьмя средами⁴. На границе, образованной металлом ϵ_m и диэлектриком ϵ_d , возбужден плазмон-поляритон — ТМ волна распространяющаяся в плоскости границы раздела в направлении заданном волновым вектором $k_1 = \omega/c \sqrt{\epsilon_d \epsilon_m / \epsilon_d + \epsilon_m}$ и экспоненциально затухающая при удалении от границы. Поскольку исследуется идеальная конверсия поверхностных волн, то на границе с двумя другими средами, заданными материальными параметрами ϵ_1 , μ_1 и ϵ_2 , μ_2 , преломленная и отраженная волна были записаны тоже в виде поверхностных волн. На границе между четырьмя средами записаны граничные условия. Выполнение

граничных условий можно в двух случаях, в зависимости от волнового вектора преломленной волны k_2 :

$$k_2 = k_1, \quad (1)$$

$$k_2 \neq k_1, \quad k_2 = k_1 \sqrt{\frac{\varepsilon_m \mu_1 - \varepsilon_d \mu_2}{\varepsilon_m \mu_2 - \varepsilon_d \mu_1}}. \quad (2)$$

В обоих случаях следует, что среды, соседствующие с металлом и диэлектриком, должны быть магнитными $\mu_1 \neq 1$, $\mu_2 \neq 1$ (в противном случае мы получаем отсутствие границы раздела).

Для случая (1) получены условия для материальных параметров:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_d \frac{\varepsilon_m - \varepsilon_d}{\varepsilon_m \mu_2 - \varepsilon_d \mu_1}, \quad \varepsilon_2 = \varepsilon_m \frac{\varepsilon_m - \varepsilon_d}{\varepsilon_m \mu_2 - \varepsilon_d \mu_1}, \quad (3)$$

найлены амплитудные коэффициенты пропускания T и отражения R для поверхностной волны (аналоги формул Френеля для объемных волн), причем они не зависят от угла падения:

$$T = \frac{2}{\varepsilon_m / \varepsilon_2 + 1}, \quad R = \frac{\varepsilon_m / \varepsilon_2 - 1}{\varepsilon_m / \varepsilon_2 + 1}. \quad (4)$$

Интересно, что при условии $\mu_1 = \mu_2$, преломленный поверхностный поляритон не изменяет первоначального направления. Получается, что любая поверхностная волна, при выполнении условий (1), (3), сохраняет свою структуру при переходе во вторую пару сред, изменяется только ее амплитуда. При условии $\varepsilon_2 = \varepsilon_m / 3$, $\mu_1 = \mu_2 = 3$ граница между четырьмя средами превращается в разделитель пучка. Для случая (2) конверсия поверхностных волн возможна только при нормальном падении на границу, коэффициенты пропускания и отражения находятся по тем же формулам (4).

В работе показано, что конверсия поверхностных электромагнитных волн с поверхности металл-диэлектрик возможна только на границу магнитных изотропных сред. Обнаружены условия, при которых волновые векторы и направление распространения плазмон-поляритонов при конверсии не изменяется. Получены коэффициенты отражения и преломления для поверхностных волн, причем оказалось, что они зависят, только от материальных параметров граничащих сред. Данный эффект можно использовать для разделения поверхностной волны (аналог разделителя пучка для объемных волн). В⁴ исследована конверсия поверхностных электромагнитных волн для диспергирующих сред. Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований, грант № Ф10М-021.

1. S.A. Maier, *Plasmonics: Fundamentals and Applications*, Berlin: Springer, (2007).
2. S.I.Bozhevolnyi, *Plasmonic Nanoguides and Circuit*, Singapore: Pan Stanford Publishing, (2009).
3. D.K.Gramotnev, S. I.Bozhevolnyi, *Nature Photon.***4**,83–91, (2010).
4. A.V.Novitsky, *J. Opt.***12**, 115705, (2010).