

УДК 537.876, 539.211

М.Э.Дурач, А.Н.Русина (5 курс, каф. ЭФ),
И.П.Ипатова, д.ф.-м.н., проф., А.Ю.Маслов, к.ф.-м.н., доц.

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ПОЛЯРИТОНЫ В ПЛОСКОМ ВОЛНОВОДЕ

Диэлектрическая проницаемость вещества в определенных областях частот может принимать отрицательные вещественные значения, например, вблизи достаточно узких линий поглощения. Как известно, диэлектрическая проницаемость электронного газа также отрицательна при частотах меньших плазменной частоты.

Отрицательность диэлектрической проницаемости одной из двух сред, разделенных плоской границей раздела, необходима для существования поверхностных решений уравнения Максвелла [1].

В настоящей работе исследована возможность распространения поверхностных электромагнитных волн в плоской трехслойной системе, т.н. планарном волноводе, т.е. при наличии двух параллельных границ раздела, когда одна из трех сред системы обладает отрицательной диэлектрической проницаемостью.

Известно, что в симметричной трехслойной системе может распространяться два типа поверхностных электромагнитных волн [2]. В работе показано, что в ассиметричной трехслойной системе также может распространяться два типа поверхностных электромагнитных волн. Нами получены точные дисперсионные уравнения для обоих типов волн, которые позволяют определить существуют ли поверхностные волны при заданных проницаемостях сред и толщине волновода. Выведены общие ограничения на диэлектрические проницаемости, при выполнении которых возможно распространения волн, аналогичных известным из литературы условиям для поверхностных волн на одной границе.

Когда волны могут распространяться, установленные дисперсионные уравнения дают связь параметров волны (волновой вектор, частота) с параметрами системы (толщина волновода, диэлектрические проницаемости), представляющую интерес для экспериментаторов. Исследуемые решения уравнений Максвелла в пределе больших толщин, локализируются на одной из границ раздела и переходят в уединенную поверхностную волну на этой границе.

Установлено, что в системе с отрицательной диэлектрической проницаемостью среднего слоя могут распространяться оба типа поверхностных мод (волноводные моды отсутствуют). Изучены характерные зависимости волнового числа от толщины волновода и значений диэлектрических проницаемостей. Рассмотрено изменение распределения поля в модах с уменьшением толщины среднего слоя. Влияние близкой второй границы приводит к делокализации уединенной поверхностной волны и появлению значительной напряженности электромагнитного поля на второй границе.

Рассмотрено, как в случае узкой линии поглощения, например, экситонной или фононной линии в полупроводнике, изменяется область частот существования поверхностных экситонных или фононных поляритонов при приближении второй границы (т.е. изменении толщины среднего слоя). Показано, что для одного типа поляритонов область частот не меняется, а для другого сдвигается в сторону больших частот. Исследовано также влияние ширины линии поглощения на область частот поверхностных поляритонов.

Используя аналогичную методику, была исследована система с отрицательной диэлектрической проницаемостью одной из обкладок волновода. В такой системе при

разных условиях возможны как поверхностные моды, так и волноводные. Установлено, что в случае, когда проницаемость слоя больше проницаемости обкладки с положительной проницаемостью, существует счетный набор ветвей волноводных мод и ветвь, которая содержит нижнюю волноводную моду при малых толщинах среднего слоя, а при больших – поверхностную волну.

Перестройка параметров системы (например, изменение диэлектрической проницаемости при переходе на другую частоту) приводит к тому, что волноводная мода может перейти в поверхностную и наоборот. Интенсивность волноводной волны распределена по волноводу равномерно, а поверхностная волна усилена на границах волновода. Поэтому эффект может быть полезен, когда может потребоваться определенный профиль интенсивности поперек системы. Кроме того, при больших толщинах, сосуществуют поверхностные и волноводные моды, что дает возможность дополнительного выбора.

ЛИТЕРАТУРА:

1. P.Halevi. "Polaritons at the interface between two dielectric media" in *Electromagnetic Surface Modes*. Ed. A.D. Boardman, John Wiley & Sons Ltd, 1982.
2. A.A.Maradudin. "Surface Waves" in *Modern Problems of Surface Physics*. Publishing House of the Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, 1981.