

ВОЗБУЖДЕНИЕ ОДНОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИИ МИКРОПОЛОСКОВОЙ ЛИНИЕЙ

В.И.Калиничев, В.А. Калошин, Е.А. Скородумова

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН

Получена 12 января 2009 г.

Методом конечных элементов исследованы два возбудителя основной моды однополосковой линии. Оба возбудителя представляют собой плавные переходы с микрополосковой линии на однополосковую линию. Рассмотрены планарная и непланарная конструкции перехода.

Ключевые слова: однополосковая линия, численное моделирование в электродинамике.

Введение

Основные свойства регулярной однополосковой линии (ОПЛ) как на однослойной, так и на двухслойной подложке были детально исследованы в работах [1-2]. Было показано, что эта линия при определенном выборе параметров имеет существенно меньшие тепловые потери, чем микрополосковая линия (МПЛ). Однако при рассмотрении возможностей практического использования ОПЛ вопрос о способах и эффективности ее возбуждения имеет принципиальное значение.

В [3] теоретически исследовано возбуждение основной моды ОПЛ на несимметричной диэлектрической подложке в виде плавного перехода от МПЛ. Рассмотрены переходы с одновременным увеличением ширины направляющей полоски и толщины диэлектрических слоев по линейному и нелинейному закону. Также линейно или нелинейно происходит удаление от полоска металлической подложки (граунда). Следует отметить, что конструкция перехода - сложна и нетехнологична.

В [4] исследовано возбуждение первой высшей (нечетной) ОПЛ на частотах ниже ее критической частоты, для чего используются балансная и инвертированная балансная МПЛ. При таком способе возбуждения предложенная конструкция антенны вытекающей волны вместе с возбудителем является планарной и может быть реализована с помощью печатной технологии.

В данной статье исследованы два возбудителя основной моды ОПЛ в виде плавного перехода от МПЛ. Оба перехода выполнены на однослойной диэлектрической подложке. Один из них является полностью планарным, а граунд МПЛ плавно и симметрично уходит в обе стороны из-под полоскового проводника, расположенного на верхней стороне подложки (рис. 1). У второго возбудителя граунд под переходом продолжается в виде прямоугольной полоски, уходящей под углом или плавно от диэлектрической подложки (рис. 6).

1. Планарный переход

Рассмотрим вариант планарного перехода от МПЛ к ОПЛ, в котором ширина щели в нижней металлизации подложки плавно и нелинейно увеличивается вдоль длины перехода, при этом ширина верхней металлической полоски не изменяется, оставаясь равной ширине МПЛ (см. рис.1). Зададим следующие параметры перехода: диэлектрическая проницаемость подложки 2.55, толщина подложки 1 мм, ширина полоскового проводника 2.8 мм (соответствует 50-омной МПЛ на данной подложке), ширина диэлектрической подложки 20 мм. Численным методом конечных элементов были исследованы варианты конструкции возбuditеля с двумя длинами плавного перехода 20 мм и 30 мм, а длина подложки, соответственно, 30 мм и 40 мм. Наличие геометрической симметрии (плоскость YOZ) позволило моделировать только одну половину структуры, с магнитной стенкой в плоскости симметрии.

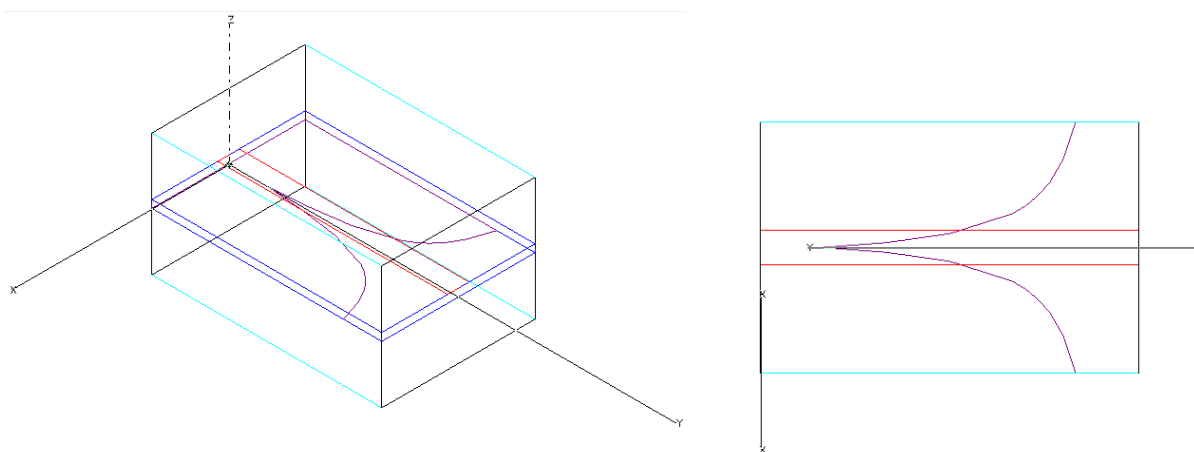
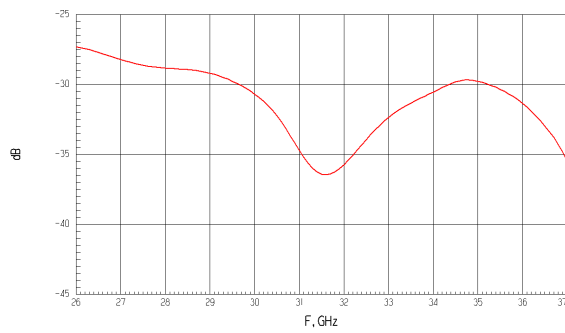
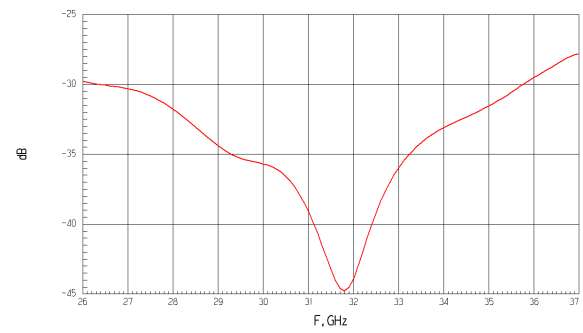


Рис. 1. Планарный вариант перехода с МПЛ на ОПЛ. Границы щели в граунде показаны сиреневыми линиями, диэлектрической подложки – синими, а металлического полоска – красными

На рис. 2, 3 для двух длин перехода представлены результаты расчета коэффициента отражения (в дБ) со стороны МПЛ и ОПЛ соответственно, в полосе частот 26-37 ГГц. На рис. 4 в этой же полосе показаны полные потери в переходе. Полученные результаты показывают, что переход хорошо согласован: коэффициент отражения со стороны МПЛ во всем исследованном диапазоне не превосходит величины -25 дБ, а со стороны ОПЛ коэффициент отражения не превосходит -20 дБ. Потери в диапазоне частот изменяется в сравнительно небольшом интервале значений, не превосходя при этом 1.2 дБ. В случае 30-мм перехода потери в среднем в полосе частот примерно на 0.1 дБ меньше в сравнении с 20-мм переходом.

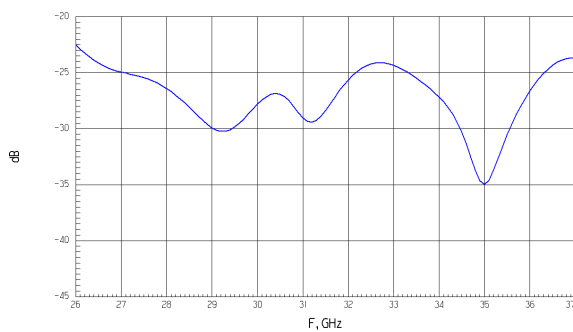


а

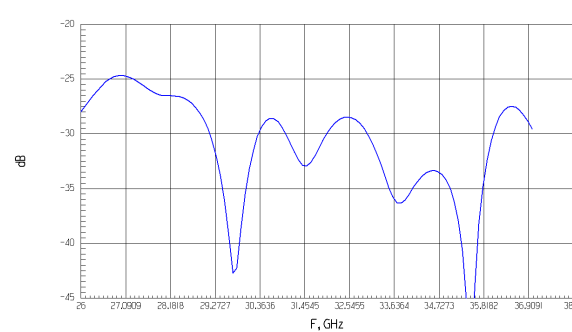


б

Рис. 2. Частотная зависимость коэффициента отражения на входе МПЛ для планарного перехода длиной 20 мм (а) и длиной 30 мм (б)

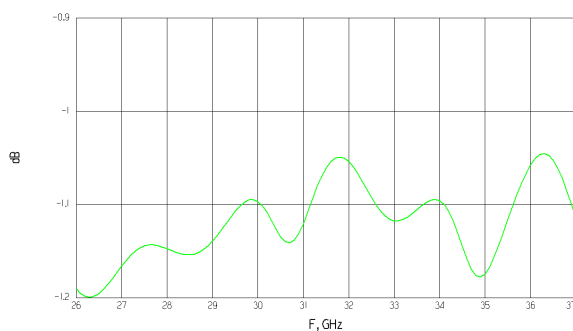


а

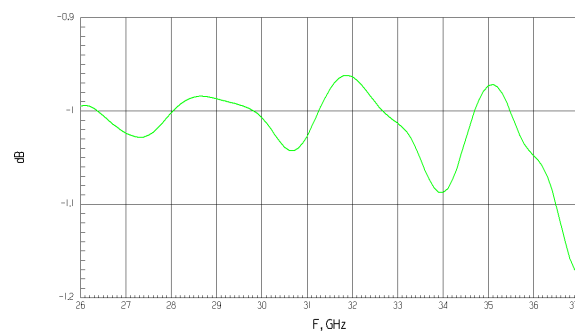


б

Рис. 3. Частотная зависимость коэффициента отражения на входе ОПЛ для планарного перехода длиной 20 мм (а) и длиной 30 мм (б)



а



б

Рис. 4. Частотная зависимость коэффициента прохождения для планарного перехода длиной 20 мм (а) и длиной 30 мм (б)

На рис. 5 показаны распределения амплитуды электрического поля в поперечных сечениях МПЛ и ОПЛ, а также на нижней и верхней поверхностях подложки, на частоте 31 ГГц при возбуждении со стороны МПЛ. Показаны распределения поля в пределах половины структуры, лежащей с одной стороны от плоскости симметрии. На рис.5а

хорошо видно, что вдоль изогнутого края нижней металлизации распространяется краевая поверхностная волна, которая не дает моде МПЛ полностью трансформироваться в основную моду ОПЛ и уносит часть мощности, которая в результате излучается. Этим излучением, в основном, и обусловлены потери в данном планарном переходе.

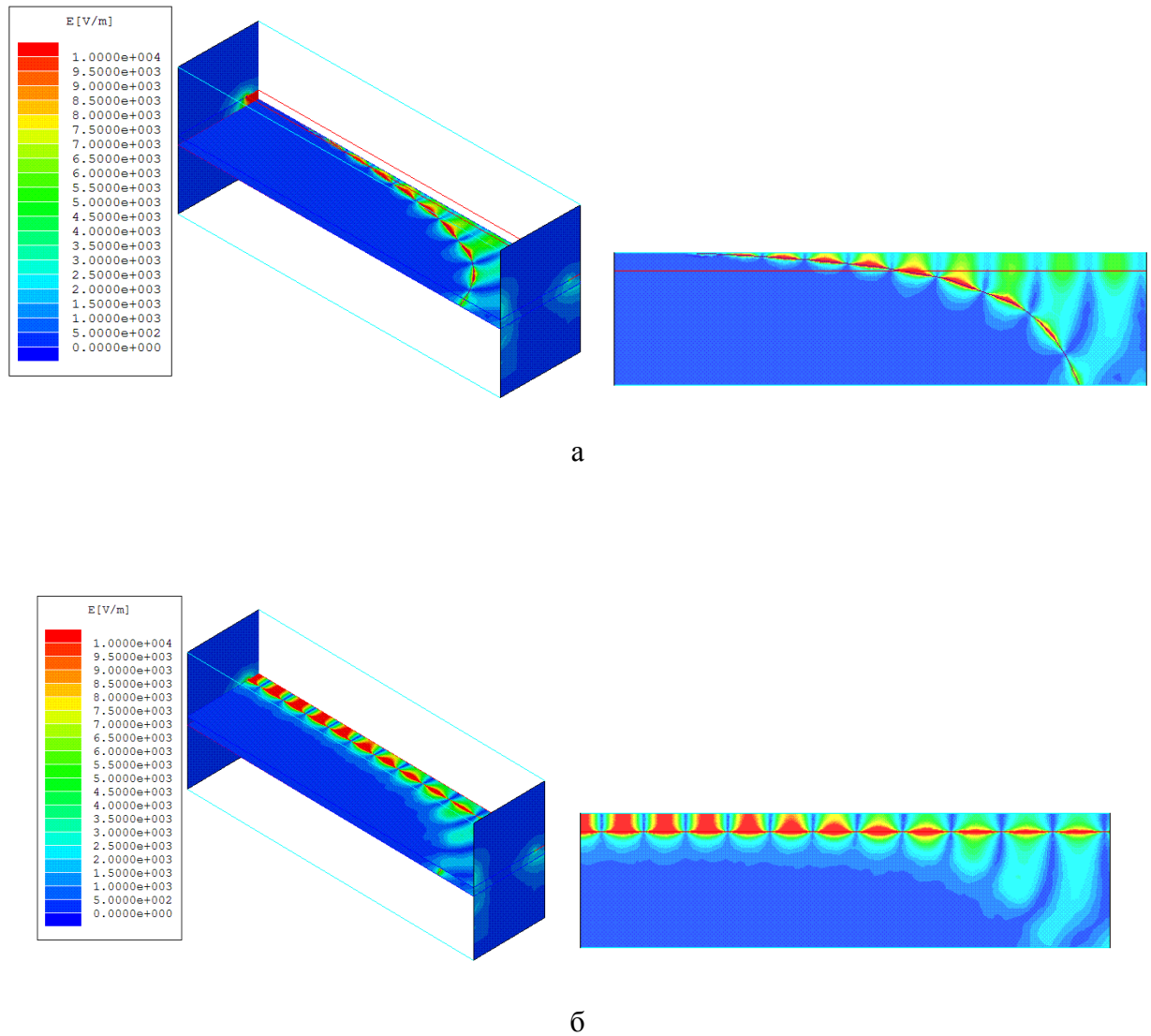


Рис. 5. Распределение амплитуды электрического поля в плоскостях МПЛ и ОПЛ- портов, а также в двух горизонтальных сечениях 30-мм перехода, на частоте 31 ГГц при возбуждении со стороны МПЛ: а - на нижней стороне подложки (в плоскости граунда), б – на верхней стороне подложки (в плоскости полоска)

2. Непланарный переход

Геометрия перехода показана на рис. 6, где такое же использование цвета линий, как и на рис.1. Как видно на рисунке, граунд продолжается в виде прямоугольной полоски, плавно уходящей вниз наподобие стенки рупора. Идея такого перехода основана на близости характеристик волн ОПЛ и подвешенной МПЛ (ПМПЛ) [2]. В этой работе

показано, что уже при расстоянии граунда от подложки в ПМПЛ ее замедление и погонное затухание практически совпадают с соответствующими характеристиками ОПЛ. Поэтому можно ожидать, что плавный переход МПЛ – ПМПЛ - ОПЛ должен быть хорошо согласован и иметь малые потери.

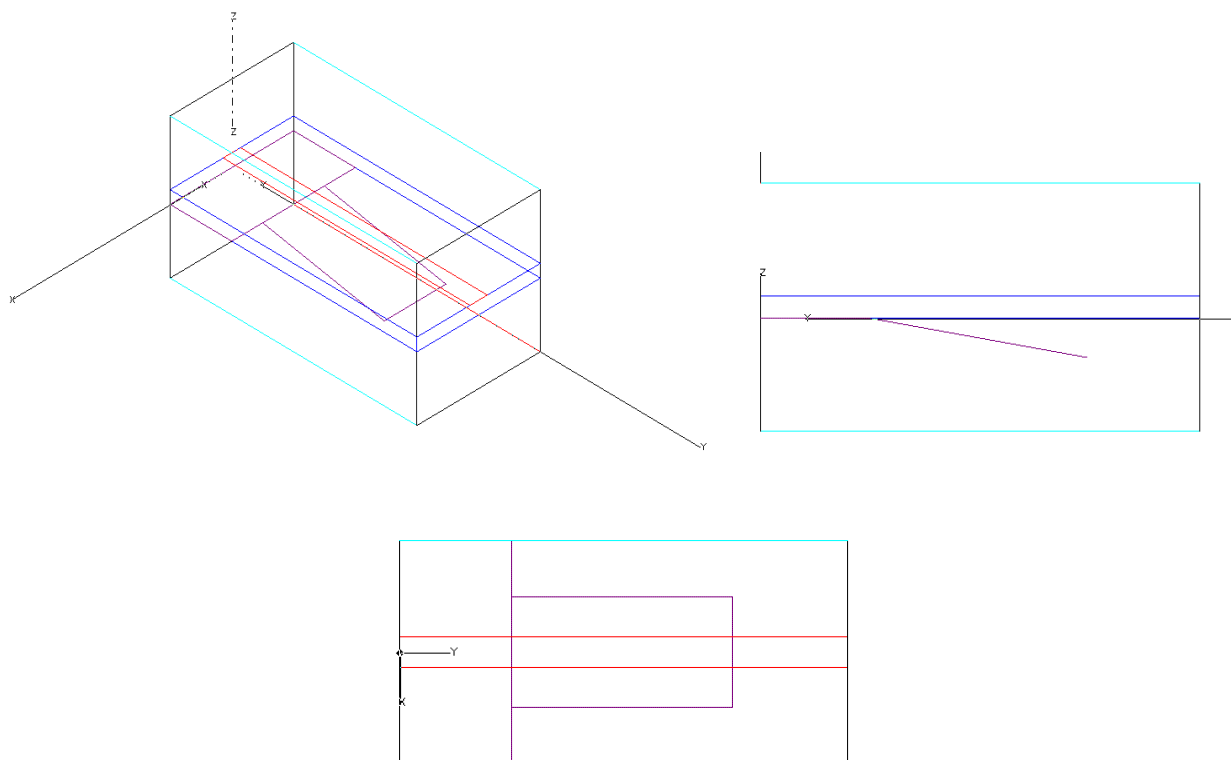
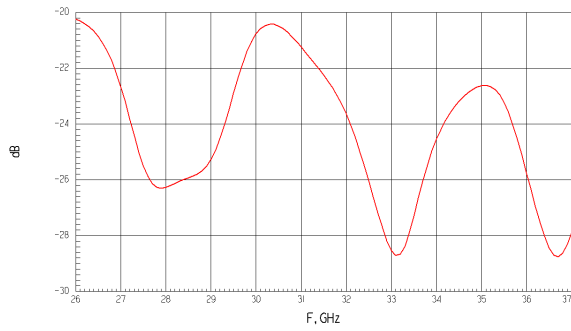
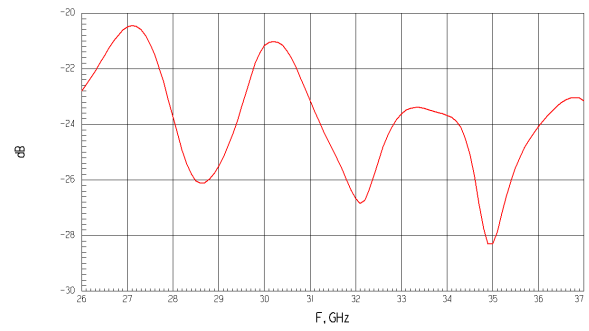


Рис. 6. Непланарный вариант перехода с МПЛ на ОПЛ

Исследование характеристик данного перехода также проводилось с помощью метода конечных элементов. Были рассмотрены два варианта перехода с длиной полоска 20 мм и 30 мм (длина подложки 40 мм и 50 мм, соответственно). При этом в обоих случаях полосок уходил вниз под углом 10^0 . Остальные параметры МПЛ такие же, как и для планарного варианта. Как и в планарном переходе, наличие геометрической симметрии позволило моделировать только одну половину структуры, с магнитной стенкой в плоскости симметрии. На рис. 7, 8 для двух длин перехода в полосе частот 26-37 ГГц представлены результаты расчета коэффициента отражения (в дБ) со стороны МПЛ и ОПЛ соответственно. На рис. 9 показана соответствующая зависимость полных потерь в переходе. Полученные результаты показывают, что данный переход, как и рассмотренный планарный вариант, хорошо согласован: коэффициент отражения со стороны МПЛ- входа во всем исследованном частотном диапазоне не превосходит величины -20 дБ, а со стороны ОПЛ- входа он не превосходит величины -22 дБ. Коэффициент передачи в диапазоне частот изменяется в небольшом интервале значений, при этом потери не превосходят 0.8 дБ для короткого и 0.6 дБ для более длинного перехода. Можно предположить, что при дальнейшем увеличении длины перехода потери будут уменьшаться.

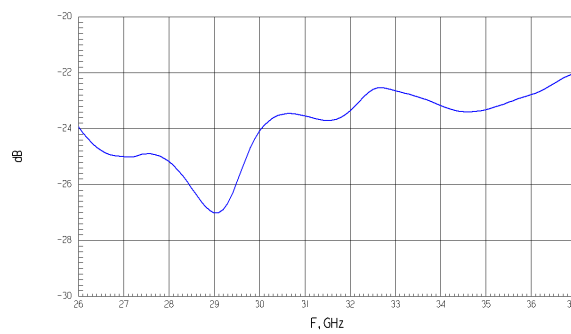


а

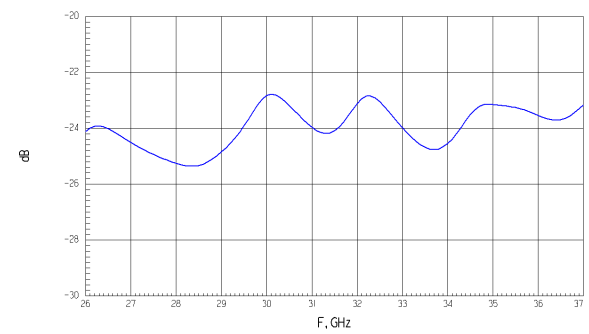


б

Рис.7. Частотная зависимость коэффициента отражения на входе МПЛ для полоски с наклоном 10^0 и длиной 20 мм (а) и длиной 30 мм (б)

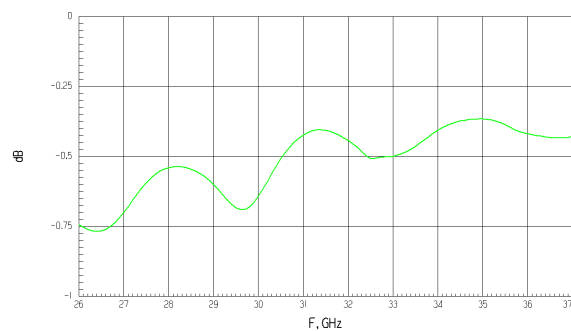


а

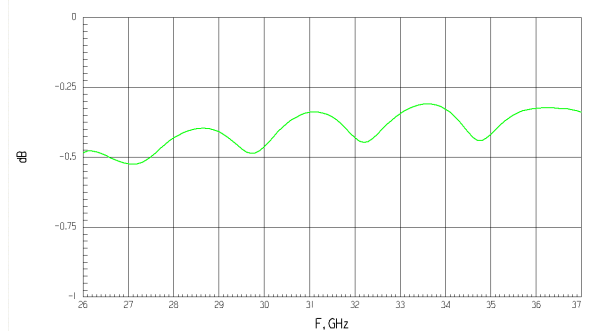


б

Рис.8. Частотная зависимость коэффициента отражения на входе ОПЛ для полоски с наклоном 10^0 и длиной 20 мм (а) и длиной 30 мм (б)



а



б

Рис.9. Частотная зависимость коэффициента прохождения для полоски с наклоном 10^0 и длиной 20 мм (а) и длиной 30 мм (б)

На рис. 10 показаны распределения амплитуды электрического поля в поперечных сечениях, а также вдоль плоскости симметрии и на верхней поверхности подложки, на частоте 31 ГГц при возбуждении со стороны МПЛ- входа. Показаны распределения поля в пределах половины структуры, лежащей с одной стороны от плоскости симметрии. Рис.

10а наглядно демонстрирует постепенную трансформацию поля квази-ТЕМ моды МПЛ в моду ПМПЛ и затем в основную моду ОПЛ. Рис. 10б иллюстрирует разный характер распределения электрического поля в моде МПЛ на входе и в моде ОПЛ на выходе возбуждителя.

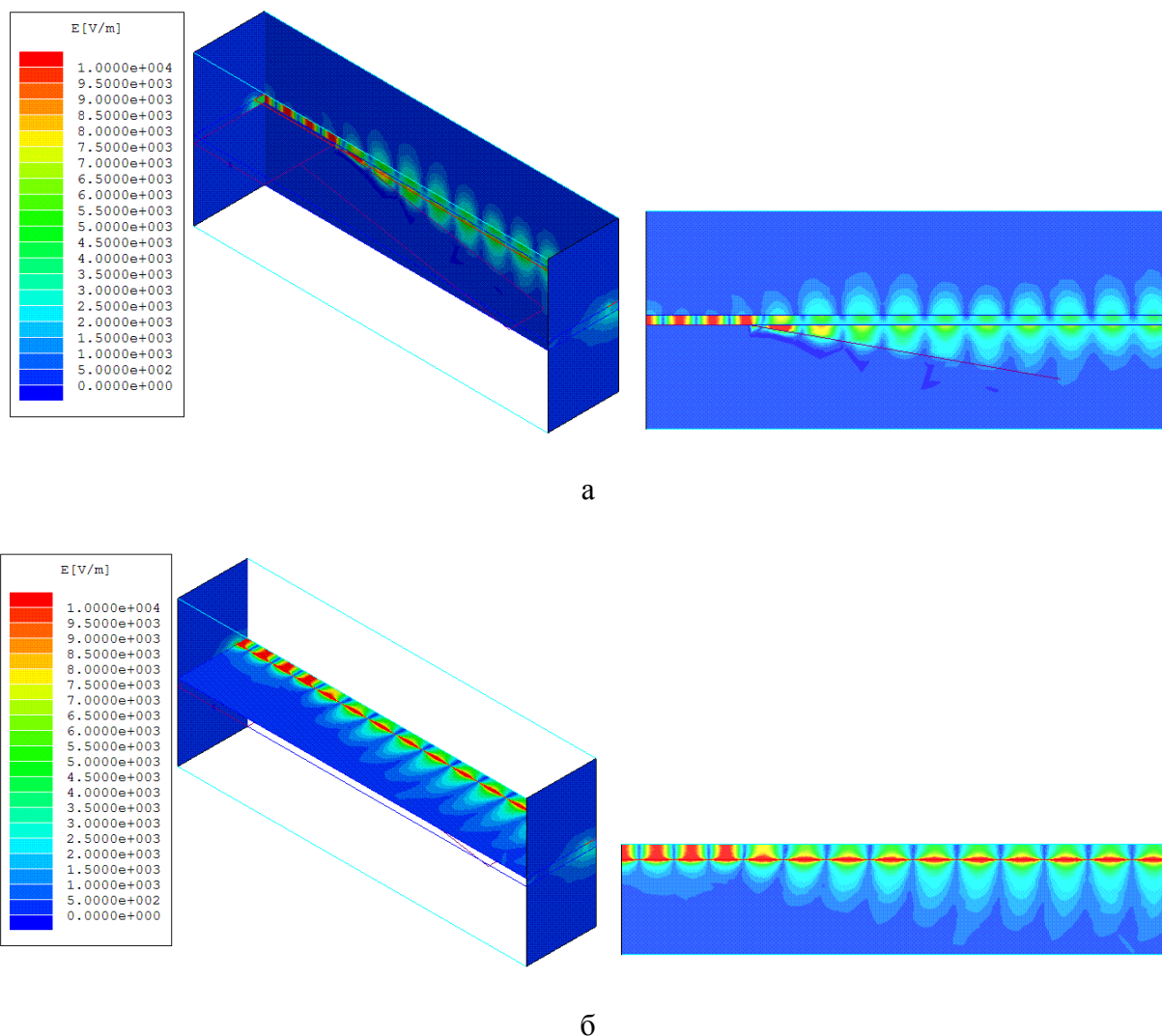


Рис. 10. Распределение магнитуды электрического поля вдоль плоскости симметрии (а) и на верхней поверхности подложки (б) в 30-мм переходе на частоте 31 ГГц при возбуждении со стороны МПЛ

Заключение

В статье рассмотрены два типа перехода с МПЛ на ОПЛ - планарный и непланарный. Планарный переход хорошо согласован с обоих входов и может быть реализован с использованием печатной технологии. Однако, как показал анализ, в таком переходе присутствуют потери, связанные с возбуждением на краях щели граунда краевых поверхностных волн. Именно этим объясняется слабая зависимость потерь от формы и длины перехода, которые составляют около 1 дБ в диапазоне частот от 26 до 37

ГГц. Отметим также, что изготовление перехода требует использования двухповерхностной печатной технологии.

Непланарный переход также хорошо согласован с обоими входами и достаточно прост в реализации. По сравнению с планарным переходом одинаковой длины потери в нем существенно меньше и могут быть снижены дополнительно увеличением длины. Для исследованного в данной работе перехода длиной 30 мм на подложке толщиной 1 мм потери в нем не превышают 0.5 дБ в диапазоне частот 26-37 ГГц, что вполне приемлемо для практических применений.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 08-07-00327).

Литература

1. Шевченко В.В., Грачев Г.Г., Калинин В.И. Исследование микрополоскового волновода // РЭ. 2005. Т. 50. № 2. С. 162.
2. Калинин В.И., Калошин В.А., Скородумова Е.А. Исследование дисперсионных характеристик однополосковой линии на однослойной подложке // Журнал Радиоэлектроники (<http://jre.cplire.ru>), 2009, № 1.
3. Шевченко В.В., Грачев Г.Г. Микрополосковые волноводные переходы // РЭ. 2007. Т. 52. № 6. С. 687.
4. W. Hong and Y.-D. Lin // IEEE Trans. Antennas and Propagation. 2004. V. 52. No. 7. P. 1783