

МЕТОДИЧЕСКИЕ ЗАМЕТКИ

538.56

ДВА УЧЕБНЫХ ОПЫТА С ТРЕХСАНТИМЕТРОВЫМИ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ВОЛНАМИ1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН
В АНИЗОТРОПНОЙ СРЕДЕ

В настоящем сообщении описаны наглядные опыты по двойному лучепреломлению сантиметровых волн в искусственных диэлектриках^{1, 2}. Подобные среды обладают рядом преимуществ перед естественными анизотропными средами³ для волн этого диапазона.

На рис. 1 показана прямоугольная двоякопреломляющая призма с углом при вершине 45° . Она представляет собой «пачку», сделанную из сорока девяти спаянных

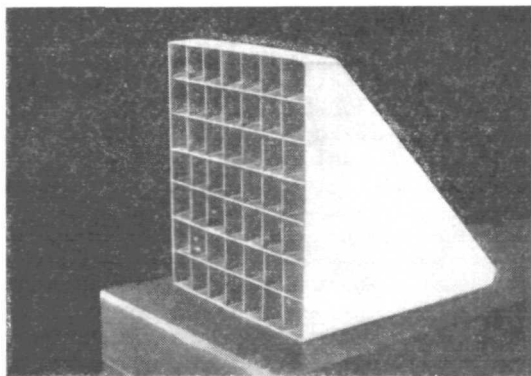


Рис. 1.

вместе жестяных волноводов, каждый из которых имеет сечение: $a_x = 27$ мм, $a_y = 23$ мм. Ось x направлена вертикально. Опыт с описанной призмой состоит в том, чтобы показать, что волны, обладающие одной линейной поляризацией, скажем, вертикальной, преломляются в ней иначе, чем волны другой поляризации (горизонтальной).

Облучают призму (рис. 2) вертикально поляризованной волной $E_0 = E_x$. Распространяющаяся внутри волноводов призма волна (направляемая H_{01} - или TE_{01} -

волна) имеет длину волны $\lambda_{01} = \lambda / \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a_y}\right)^2} = 4,5$ см, зависящую от размера

a_y волноводов. $\lambda = 3,2$ см — длина волны в свободном пространстве. Эквивалентный показатель преломления для вертикально поляризованной волны оказывается равным

$n_{01} = \frac{\lambda}{\lambda_{01}} = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a_y}\right)^2} = 0,71$. Перемещая приемную рупорную антенну, соединяющую с осциллографом С1-1 по окружности с центром на наклонной поверхности

призмы, замечают, что максимальный прием имеет место при ориентации оси рупора приемной антенны под углом 19° к горизонту. При демонстрации следует обратить внимание на то, что волноводная призма отклоняет излучение от своего основания, так как для нее $n < 1$. Облучая призму горизонтально поляризованной волной $E_0 = E_y$ и перемещая, как и прежде, приемную антенну, замечают, что максимальный прием наблюдается под углом 15° к горизонту. Эквивалентный показатель преломления для горизонтально поляризованной волны равен: $n_{10} = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a_x}\right)^2} = 0,80$.

Различное преломление волн разной поляризации, как легко видеть, обусловлено анизотропией свойств искусственного диэлектрика: $a_x \neq a_y$. Если призма изготовлена из волноводов квадратного сечения, то двойное лучепреломление отсутствует.

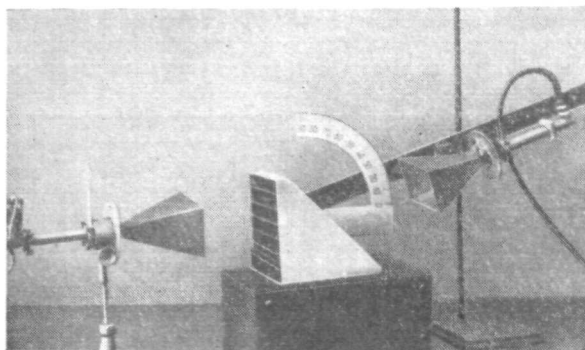


Рис. 2.

На рис. 3 изображена «пластинка» анизотропной среды, изготовленная из пятидесяти шести прямоугольных волноводов одинаковой длины с прежним поперечным

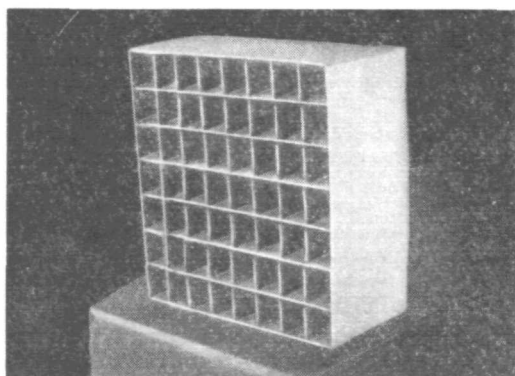


Рис. 3.

сечением 23×27 мм. Падающая нормально на такую «пластинку» линейно поляризованная волна, электрический вектор E которой составляет со стенками «пачки» волноводов угол 45° , распадается на две (обыкновенную H_{01} и необыкновенную H_{10}) волны одинаковых амплитуд, с ортогональными плоскостями поляризации. Благодаря различию для этих волн показателя преломления $n_{10} \neq n_{01}$ они будут распространяться в «пластинке» с различными фазовыми скоростями. Пройдя «пластинку» толщиной d , обыкновенная и необыкновенная волны приобретут разность фаз ϕ , определяющую поляризацию прошедшей волны.

На рис. 4 представлено полученное экспериментально изменение поляризационной диаграммы проходящей через «пластинку» волны в зависимости от ее толщины d . Поляризационные диаграммы снимались при помощи вращения приемной рупорной антенны вокруг продольной оси. Ввиду малого поглощения трехсантиметровых волн в искусственных диэлектриках, приемная антенна соединялась непосредственно с осциллографом. Анализируя поляризационные диаграммы, легко видеть, что «пластинка», изготовленная из волноводов длиной $d = 9$ см, выполняет роль «пластинки в четвертьволны». Использование других типов искусственных диэлектриков для получения круговой поляризации описано в работах ^{4, 5}. «Пластинка» толщиной $d = 18$ см является соответственно «пластинкой в полволны».

Облучая «пластинки» различной толщины волной, электрический вектор которой составляет со стенками волноводов «пачки» произвольный угол, вращением приемной антенны вокруг продольной оси показывают, что проходящая сквозь «пластинку» волна эллиптически поляризована. При этом с увеличением толщины «пластинки» большая полуось эллипса изменяет свою ориентацию относительно плоскости поляризации падающей волны ⁶.

Снятие поляризованных диаграмм удобно производить в лабораторном практикуме, на лекциях о типе поляризации судят лишь качественно.

Для получения произвольной разности фаз между обыкновенной и необыкновенной волнами нами построен компенсатор Бабинне, состоящий из двух прямоугольных волноводных призм с углом при вершине 25° . Плоскости сечения волноводов в призмах повернуты относительно друг друга на угол 90° . В каждой призме 84 волновода.

В опытах по двойному лучепреломлению могут быть использованы не только волноводные, но и металлопластинчатые структуры. На рис. 5 показана поляризационная призма Волластона. Облучая призму волной, электрический вектор которой

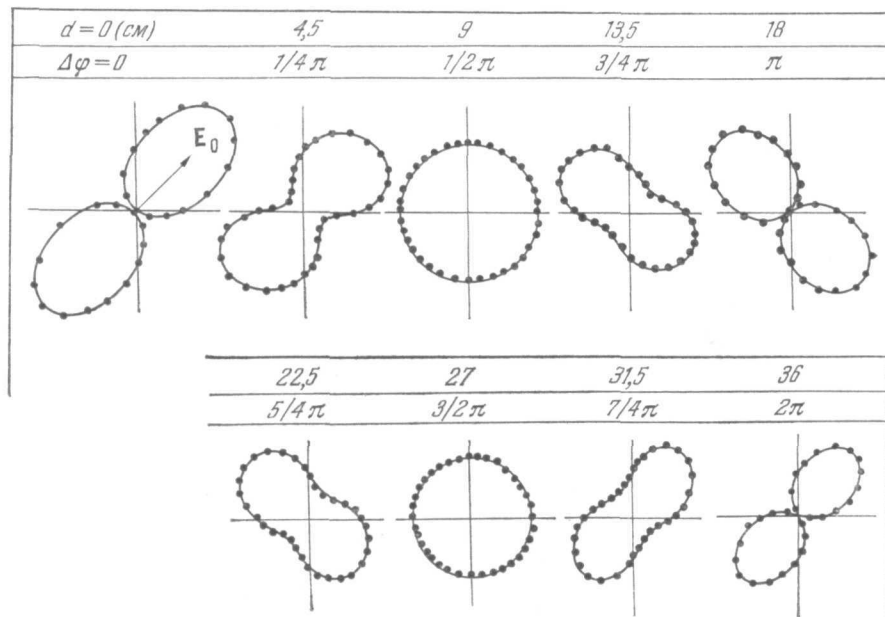


Рис. 4.

составляет с металлическими пластинками угол 45° , волна распадается на две ортогональные компоненты. Вертикальная компонента преломляется первой призмой от ее основания, так как для нее $n'_x = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} < 1$, и не преломляется второй, так

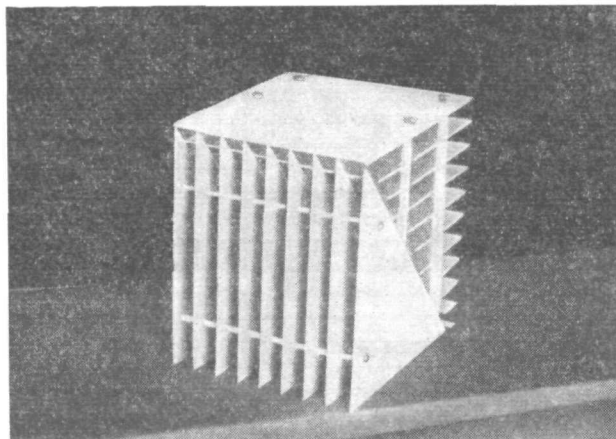


Рис. 5.

как $n''_x = 1$. Горизонтальная компонента не преломляется первой призмой, так как $n'_y = 1$, а преломляется второй от ее основания, так как $n''_y = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} = 0,60$, где $a = 20 \text{ мм}$ — расстояние между металлическими пластинами призмы. При выходе из призмы Волластона обыкновенный и необыкновенный лучи разводятся на угол 38°

2. ИЛЛЮСТРАЦИЯ ЯВЛЕНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТА, РАССЕЯННОГО В МУТНЫХ СРЕДАХ

Установка для иллюстрации состояния поляризации рассеянного излучения состоит (рис. 6) из излучателя трехсантиметровых волн (1) и двух приемных рупорных антенн (2, 3), расположенных по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Роль «мутной среды» выполняет кусок пенопласта (4) размером $200 \times 200 \times 200$ мм³, в котором располагаются хаотичным образом ориентированные в пространстве 300 медных диполей. Диполи изготовлены из проволоки и имеют длину 3,2 см.

Иллюстрация рассеяния «естественного света» проводится в следующей последовательности. Устанавливают приемные антенны, соединенные с осциллографами,

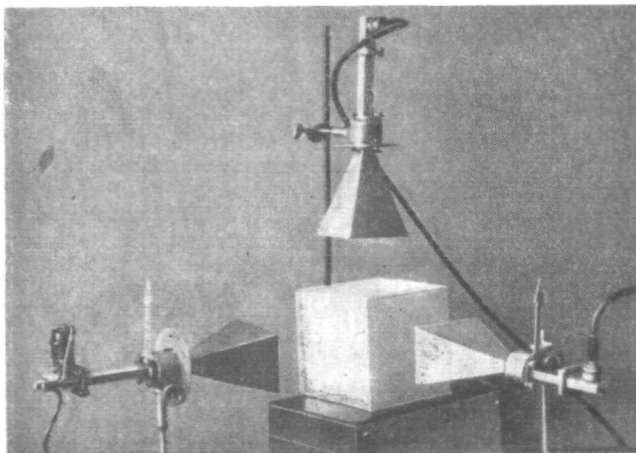


Рис. 6.

так, чтобы широкая сторона их волноводов была перпендикулярна к плоскости рассеяния. Облучают модель мутной среды волной с круговой поляризацией (для этого используется четвертьволновая пластинка). При таком облучении будут возбуждаться все диполи, лежащие в плоскости рассеяния, что равносильно использованию «естественного света». На экранах осциллографов замечают одинаковую интенсивность рассеяния. Повернув приемные антенны вокруг своих продольных осей на угол 90° , констатируют отсутствие рассеянного излучения. Из этого опыта делается вывод о том, что рассеянное излучение «естественного света» в этой модели одинаково интенсивно по всем направлениям в плоскости рассеяния и линейно поляризовано в ней.

Для иллюстрации рассеяния линейно поляризованного «света» устанавливают приемные антенны, как и в первом случае, перед началом опыта (см. рис. 6). Облучают модель вертикально поляризованной волной. Замечают существование рассеянного излучения лишь в направлении антенны 2. Повернув излучатель 1 вокруг продольной оси на угол 90° , замечают теперь существование рассеяния лишь в направлении приемной антенны 3. Равномерно вращая излучатель, наблюдают на экранах осциллографов изменение интенсивности рассеяния в направлении антенны. Поворачивают приемные антенны вокруг продольных осей на угол 90° . Вращая, как и прежде, излучатель, констатируют отсутствие рассеянного излучения. Из опыта делается вывод о том, что линейно поляризованный «свет» не одинаково рассеивается в различных направлениях. Рассеянное излучение и в этом случае поляризовано в плоскости рассеяния.

Коломенский педагогический
институт

Н. Я. Молотков

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Никольский, Антенны, М., «Связь», 1966.
2. Д. Б. Канарейкин и др., Поляризация радиолокационных сигналов, М., «Сов. радио», 1966.
3. Б. Ш. Перкадьскис, В. Л. Ларин, УФН 89 (1), 163 (1966).
4. A. M. Portis, Amer. J. Phys. 32 (6), 458 (1964).
5. O. Preining, Prax. d. Naturwiss. A7 (9), 233 (1958).
6. Р. В. Поль, Оптика и атомная физика, М., «Наука», 1966.