

ВЛИЯНИЕ ПОТЕРЬ НА СПЕКТРАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛЕНТОЧНЫХ СЕТОК

Е.А. Виноградов, В.И. Голованов

УДК 537.8.029

Для одномерных ленточных сеток с поверхностными сопротивлениями проводящих лент $R_s = 10 \text{ Ом} \div 1 \text{ кОм}$ измерены спектры пропускания излучения в диапазоне длин волн λ от 0,5 до 8 мм ($1,5 \geq k = D/\lambda > 0,06$). Для $k \ll 1$ обнаружено хорошее совпадение измеренных характеристик с простой импедансной моделью.

В работе /1/, посвященной исследованию коэффициента пропускания одномерных ленточных сеток, образованных параллельными тонкими металлическими лентами, в диапазоне длин волн излучения от 0,9 до 8 мм было обнаружено, что для "индуктивных" сеток (вектор E параллелен лентам) с коэффициентом заполнения $S = B/D = 0,5$ (B — ширина лент, D — период сетки) в области резонанса ($k = D/\lambda = 1$) из-за наличия в сетках потерь происходит уменьшение коэффициента пропускания T_E по сравнению с расчетом для идеальной сетки без потерь.

В настоящей работе рассматривается влияние потерь, вызванное омическим сопротивлением лент в сетках с величинами S от 0,063 до 0,5 на характеристики "индуктивных" сеток в диапазоне k от 0,06 до 1,5 при нормальном падении излучения. Сетки изготовлялись, как и в работе /1/, методом фотолитографии из сплошных тонких металлических пленок из алюминия на лавсановой подложке толщиной 7 мкм. Толщина пленок была значительно меньше толщины скин-слоя, а значения поверхностного сопротивления R_s , измеренные по коэффициенту пропускания в миллиметровом диапазоне, находились в интервале от 10 Ом до 1 кОм. Как следует из работы /2/, у таких пленок величина R_s во всем субмиллиметровом и миллиметровом диапазонах действительна и постоянна с высокой точностью ($\sim 2\%$).

Так как после изготовления сеток на металлических лентах оставался слой фоторезиста, была определена степень его влияния на измеряемую ве-

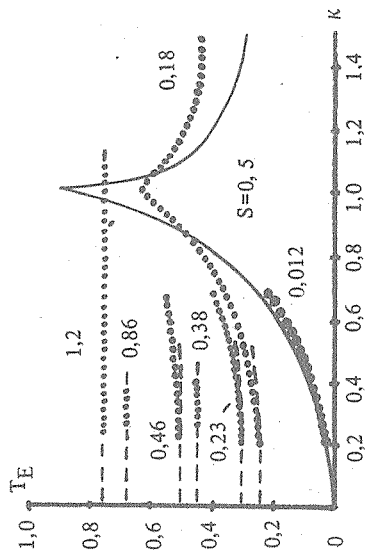
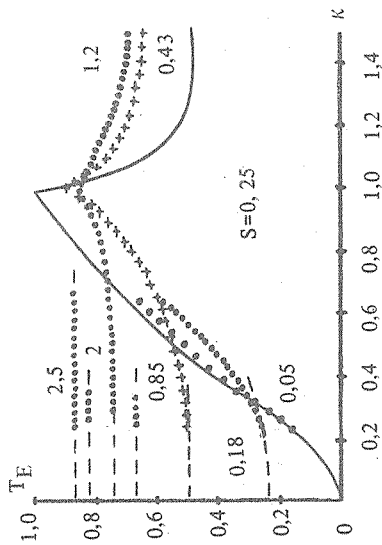
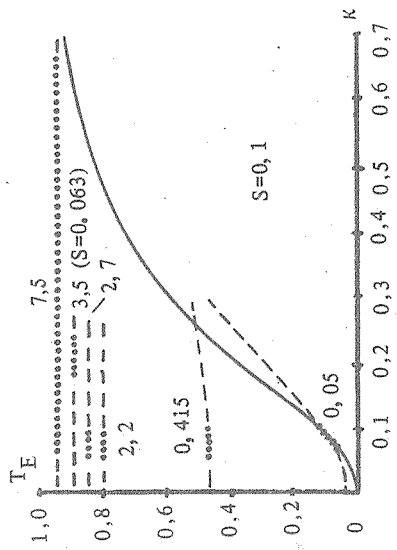
личину коэффициента пропускания для пленок с $T = 10$; 20 и 50% путем измерений до и после нанесения фоторезиста. В пределах точности измерения ($\sim 2\%$) изменений коэффициента пропускания обнаружено не было.

Измерение спектров коэффициента пропускания T_E (по мощности) проводилось на автоматизированном квазиоптическом ЛОВ-спектрометре "МАС-1" /1/. Направление лент сеток с помощью диоптрийной трубки точно совмещалось с направлением металлических проводов полярироидов, задающих Е-поляризацию излучения.

На рис. 1 представлены спектры $T_E(k)$ для сеток с $S = 0.5$; 0,25 и 0,1. Сплошные линии обозначают расчет по формулам работы /3/ для "идеальной" сетки без потерь (с нулевым R_s). Видно, что наличие у сетки сопротивления и связанного с ним поглощения сильно влияет на T_E . Сетки, изготовленные из металлических пленок с малой величиной R_s , имеют меньшие значения T_E в области резонанса, чем "идеальные" сетки. С увеличением R_s сетки в области $k \ll 1$ появляется не зависящий от частоты участок с величиной T_E большей, чем для "идеальной" сетки. Для сеток, изготовленных из пленок с большим R_s , частотная зависимость вплоть до $k = 1$ исчезает.

Такое поведение коэффициента пропускания T_E "индуктивных" сеток, обладающих потерями в области $k \ll 1$, хорошо описывается с помощью предложенной в работах /4,5/ эквивалентной схемы, которая содержит комплексное сопротивление из последовательно соединенных индуктивности L и активного сопротивления R_{sc} . При этом величины L и R_{sc} определяются коэффициентом заполнения сетки S , а комплексное сопротивление $z_{sc} = R_{sc} + jkL = R_s/s + jkL$ (где R_s — поверхностное сопротивление металлической пленки, из которой была изготовлена сетка). На рис. 1 штриховыми линиями показаны результаты расчета $T_E(k)$ по такой схеме. Видно, что эквивалентная схема хорошо описывает поведение $T_E(k)$ в области $k < 0,3$, а для сеток с сопротивлением ~ 1 кОм и в области $k \cong 1$.

Вдали от резонансной частоты ($k \ll 1$) активная составляющая сопротивления z_{sc} будет больше реактивной составляющей, $R_{sc} \gg kL$, и последней можно пренебречь. Электродинамические параметры сетки будут определяться величиной R_s/s , которая в субмиллиметровом и миллиметровом диапазонах не зависит от частоты. Электродинамически сетка с потерями при $k \ll 1$ и $R_{sc} \gg kL$ будет для излучения Е-поляризации вести себя как сплошная металлическая пленка с поверхностным сопротивлением R_{sc} , которое определяет не зависящие от частоты коэффициенты пропускания T_E , отражения R_E и поглощения G_E .



Р и с. 1. Спектры $T_E(k)$ ленточных сеток с потерями при различных значениях коэффициента заполнения S и активного сопротивления R_{sc} . Цифры обозначают величину R_{sc} в кОм. Сплошная линия — расчет для сетки без потерь /3/, штриховая линия — расчет для эквивалентной схемы /4/, точки и крестики — результаты эксперимента.

С целью проверки этого утверждения для нескольких сеток с коэффициентом заполнения $S = 0,25$ и величиной $R_{sc} = 188,5$ Ом при $k = 0,15$ были измерены коэффициенты T_E , R_E и по ним вычислен коэффициент поглощения $G_E = 1 - T_E - R_E$. В результате были получены значения $T_E = 24 \pm 2\%$; $R_E = 26 \pm 2\%$; $G_E = 50 \pm 4\%$.

Для коэффициентов пропускания $t = \sqrt{T_E}$ и отражения $r = \sqrt{R_E}$ выполняется соотношение $t + r = 1$, что подтверждает правомерность применения импедансной модели для "индуктивных" сеток с потерями в области $k \ll 1$.

Таким образом, результаты выполненного исследования показали, что возможно создание анизотропной структуры с активным поверхностным импедансом для излучения с длиной волны, значительно большей периода анизотропии. Полученные результаты имеют важное значение для создания принципиально новых элементов и устройств квазиоптических трактов.

Поступила в редакцию 31 мая 1985 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Виноградов Е. А., Голованов В. И., Лукьянов Д. А. Препринт ФИАН № 127, М., 1982.
2. Виноградов Е. А., Голованов В. И. Краткие сообщения по физике ФИАН, № 1, 48 (1984).
3. Шестопалов В. П. Метод задачи Римана-Гильберта в теории дифракции и распространения электромагнитных волн. Изд. Харьковского университета, Харьков, 1971.
4. Ulrich R., Renk K. F., Gensel L. IEEE Trans. on MTT, MTT-11, 363 (1963).
5. Вайнштейн Л. А. Сб. Электроника больших мощностей, вып. 2, изд. АН СССР, М., 1963, с. 26, 57.