

К. С. ГЮНАШЯН, В. А. НАПЯН, М. К. САГАТЕЛЯН

СВЧ МОДУЛЯТОРЫ СВЕТА С РАЗНЕСЕННЫМИ КРИСТАЛЛАМИ

В известных высокоточных светодальномерах Мекометр МЕ-3000 и ДВСД-1200 [1, 2] использованы модуляторы света, в которых пути прохождения приемно-передающих лучей разнесены на небольшую величину, равную 5—7 мм, для исключения поступления отражения от элементов передающего канала на фотоприемник. Однако, это разнесение предельно усложняет согласование приемно-передающей оптики светодальномера с модулятором света. Для решения этой задачи нами разработан биаксиальный СВЧ модулятор, основой которого является объемный резонатор, а нагрузкой — емкость-кристалл. Закон распределения силовых линий поля в зоне установки кристалла описывается выражением:

$$E_{\text{en}} = E_0 J_0(kr)_n, \quad (1)$$

где E_0 — амплитудное значение поля в резонаторе; J_0 — функция Бесселя нулевого порядка; $(kr)_n$ — один из корней функции J_0 .

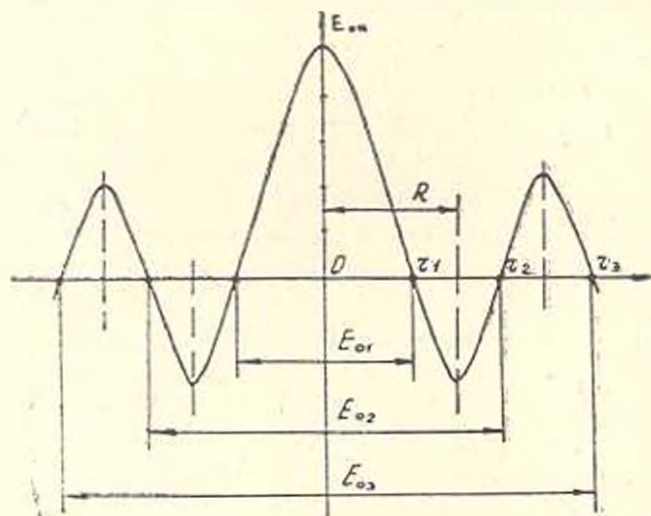


Рис. 1.

Из (1) следует, что в зависимости от величины диаметра резонатора $D = 2r$ в модуляторе можно возбуждать волны основного E_0 , или

высшего порядка E_{02} , E_{01} и другие. На рис. 1 показано распределение по радиусу резонатора максимумов электрического поля в модуляторе сист. Как видно, максимумы электрического поля E_{02} могут оказаться значительно сдвинутыми с центра резонатора и расположенными на окружности радиусом R . Это позволяет в резонаторе расположить два кристалла, симметрично сдвинутых относительно центра резонатора на величину, равную среднему диаметру приемно-передающей оптики светодиода. Амплитуда волны на рис. 1 примерно в два раза меньше, чем основной волны E_{01} , что может уменьшить глубину модуляции. Однако при возбуждении волны E_{02} диаметр резонатора увеличивается, что приводит к повышению нагруженной добротности модулятора. Кроме того, на добротность модулятора влияют также размеры кристаллов. Эти зависимости позволяют при возбуждении волны E_{02} согласовать размеры резонатора и кристаллов так, чтобы величина СВЧ мощности питающей модулятор на волне E_{02} не оказалась меньше, чем для возбуждения волны E_{01} .

Установлено, что параметры модулятора на волне E_{02} можно определить через параметры известного модулятора на E_{01} , изготовленного для светодиода ДВСД-1200. Если вводимых в модулятор на волне E_{02} размеры двух кристаллов и металлических проводников выбрать такими, как в модуляторе на E_{01} , то для получения одинаковой резонансной частоты можно написать отношение

$$\frac{D_{01}}{2D_{02}} = \frac{\lambda_e(kr)_{01}}{\lambda_e(kr)_{02}}$$

Диаметр D_{01} на частоте $f_s = 1200$ МГц составляет 70 м.м, а $(kr)_{01} = 2,405$, $(kr)_{02} = 5,52$, поэтому $D_{02} = 80$ м.м.

Для определения места установки кристаллов в модуляторе на волне E_{02} согласно рис. 1 необходимо использовать второй максимум функции Бесселя $J_0(kR)$, что имеет место при значении аргумента $kR = 3,83$. Одновременно для найденного $D_{02} = 2r_2$ выполним условие $J_0(kr_2) = 0$, что означает $kr_2 = 5,52$. Составляя отношение $kR/k r_2 = 3,83/5,52$, находим, что $R = 0,7r_2$ или $2R = 0,7$, $D_{02} = 56$ м.м. При размещении металлических проводников с кристаллами на расстоянии $2R = 56$ м.м. возможны в резонаторе, диаметр которого должен быть 80 м.м, электрический пробой в зазоре $\Delta = 8$ м.м, показанный на рис. 2. В данном случае не используется влияние металлических проводников на структуру электрического поля резонатора. Эта особенность позволила приготовить коаксиальные и биаксиальные модуляторы света с различными кристаллами. В биаксиальном модуляторе (рис. 2) кристаллы сдвинуты к центру и увеличен диаметр резонатора на 5 м.м, а в коаксиальном модуляторе (рис. 3) кристаллы смещены от центра.

В коаксиальном модуляторе на волне E_{01} кристаллы смещены на 22 м.м, а в биаксиальном — на 35 м.м. Габаритные размеры этих модуляторов и их основные эксплуатационные величины на частоте $f = 1200$ МГц определены экспериментально, приведены в таблице и

сопоставлены с однокристалльным эталонным модулятором света [3]. В отличие от эталонного модулятора света, в котором для перестройки частоты использовался емкостной диск, в новых модуляторах перестройка частоты осуществляется диэлектрическими пластинами, установленными в зоне электрических кристаллов, позволяющих в четыре раза увеличить диапазон перестройки модулятора света.

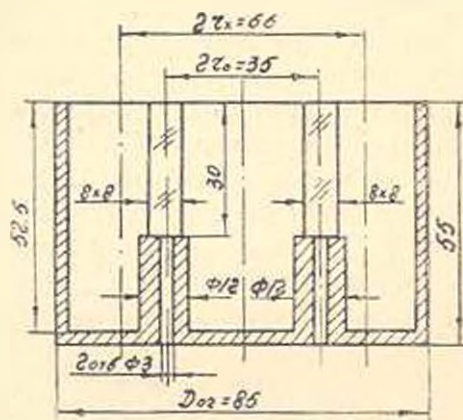


Рис. 2. Основные размеры биаксиального модулятора света на волне E_{02}

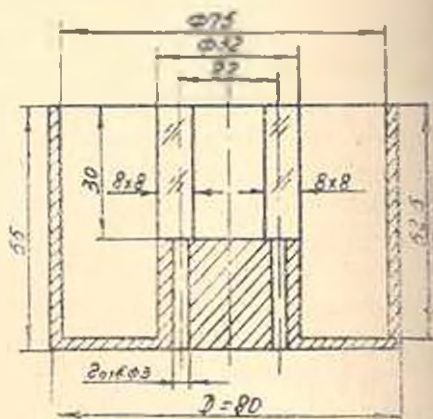


Рис. 3. Основные размеры коаксиального модулятора света на волне E_{01}

На основе полученных величин, указанных в таблице, можно сказать, что для построения СВЧ светодальномеров и рефрактометров целесообразно в качестве модулятора-демодулятора света использовать биаксиальный модулятор света, который не уступает по основным данным однокристалльному модулятору света. Конструкция биаксиального модулятора света исключает или предельно уменьшает количество зеркал, установленных после приемной оптики для пропускания приемного луча через модулятор света. Это приводит к уменьшению потерь света и упрощению оптической части светодальномера.

Таблица

Основные величины	Эталонный модулятор	Коаксиальный модулятор	Биаксиальный модулятор
Размеры кристаллов, мм	$10 \times 10 \times 35$	$8 \times 8 \times 30$	$8 \times 8 \times 30$
Количество кристаллов	1	2	2
Диаметр D и высота H резонаторов, мм	70, 63	80, 54	85, 55
Диаметр внутренних проводников, мм	14	32	12
Расстояние между приемно-передающими лучами, мм	6	22	35
Перестройка резонансной частоты, МГц	30	120	120
Нагруженная добротность модуляторов	900	900	950
Качество модуляторов, rau^2/Bm	$1,3 \cdot 10^{-2}$	$1,8 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-2}$
Допустимая непрерывная мощность питания, Вт	0,3	0,3	0,4

Кроме этого, применение модуляторов света с разнесенными кристаллами позволяет предельно уменьшить поперечные размеры кристаллов и уменьшить потребляемую модулятором мощность. В светодальномерах с оптической линией задержки целесообразно использовать бинаксальный кристаллический модулятор света. В тех случаях, когда оптическая линия задержки построена на двух зеркалах [1], лучшим будет применение коаксимального модулятора с кристаллами, разнесенными на величину 15—20 мм.

ЕрПИ им. К. Маркса

10 VII 1984

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Лобачев В. М. Радиоволновая геодезия.— М.: Недра. 1980.— 327 с.
2. Вайнберг В. Я., Широков Ф. В. Исследования макетов светодальномера типа ДВСД-1200 с зеркальной коллимирующей системой.— Геодезия и картография, 1983, № 4, с. 17—20.
3. Гюнашян К. С., Монасян Р. А., Нарыгин В. И., Папан В. А. Резонаторный модулятор света с кристаллом KDP для электрооптического дальномера.— Изв. вузов. Радиоэлектроника, 1973, т. 16, № 7, с. 92—94.
4. Гюнашян К. С., Ильясов В. В. Оптическая линия задержки для светодальномера с поляризационной модуляцией света.— Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка, 1985, я 1, с. 104—111.