

Д.К. ГУЛГАЗАРЯН

## ФАЗОВЫЙ СВЕТОДАЛЬНОМЕР С СВЧ МОДУЛЯЦИЕЙ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Представлена новая схема фазового светодальномера повышенной точности. В полуволновом СВЧ резонаторе установлены два фотоумножителя так, что их полупрозрачные фотокатоды находятся в областях электрических полей резонатора. Резонатор возбуждается сигналами гетеродина с частотой 600 МГц. На опорный фотоумножитель направляется часть СВЧ модулированного лазерного излучения, а на сигнальный – отраженное от цели излучение. Измерением разности фаз промежуточной частоты сигнального и опорного фотоприемников определяют дальность. Погрешность измерения дальности меньше погрешности измерения серийного светодальномера ДК-001 и составляет  $\approx 0,5$  мм.

**Ключевые слова:** лазер, СВЧ, разность фаз, резонатор, фотоумножитель.

Среди существующих методов определения дальности наиболее высокую точность обеспечивает фазовый способ, сущность которого заключается в измерении разности фаз  $\varphi$  между местным и отраженным от цели сигналами. Дальность определяется основным уравнением фазовой дальнометрии [1]

$$D = \frac{c}{2f_c} \left( N + \frac{\varphi}{2\pi} \right),$$

где  $N$  - целое число;  $c$  - скорость света;  $f_c$  - частота модуляции светового сигнала.

При  $f_c = \text{const}$  погрешность измерения дальности  $\Delta D$  определяется погрешностью измерения разности фаз  $\Delta\varphi$ :

$$\Delta D = \frac{c}{4\pi f_c} \Delta\varphi. \quad (1)$$

Отсюда следует, что чем выше частота модуляции светового потока (лазерного излучения), тем меньше погрешность измерения расстояния.

Так, например, если  $f_c = 1000$  МГц, а  $\Delta\varphi = 1^\circ$ , то из (1) получим  $\Delta D = 0,4$  мм. Это весьма высокая точность измерения для геодезических дальномеров.

Таким образом, для решения задачи высокоточной светодальнометрии необходимо иметь сверхвысокочастотные (СВЧ) модуляторы света и приемники такого излучения. Вопрос создания модуляторов света решен (хотя и с известными недостатками: большие напряжения, хрупкость и гигроскопичность светомодулирующих кристаллов и др).

Относительно СВЧ фотоприемников следует отметить, что как у нас, так и за рубежом такие приемники не выпускаются. Исключение составляют СВЧ полупроводниковые фотоприемники, однако их рабочая площадь незначительна (порядка  $2 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup>), что делает их практически непригодным для ряда применений.

Открытие прибора, названного “фотоумножителем в резонаторе” [2], дало широкие возможности как для создания высокоточных светодальномеров, так и для

многоканальной оптической связи и светолокации. В этом приборе полупрозрачный фотокатод фотоумножителя помещен в области электрического поля резонатора. В результате обычный низкочастотный прибор превращается в СВЧ прибор, его верхний предел рабочей частоты повышается на несколько порядков.

Такое устройство было использовано в серийном светодальномере ДК 001, рабочая частота которого была около 750 МГц [3].

Учитывая некоторые принципиальные недостатки дальномера ДК001, обусловленные однорезонаторной конструкцией, нами предложена новая схема светодальномера [4].

Данное устройство содержит два фотоумножителя и один СВЧ полуволновой резонатор. Фотоумножители находятся в одинаковых условиях, т.е. электрические поля резонатора одинаково влияют на фотоэлектронные потоки фотоумножителей.

Схема фазового дальномера с СВЧ модуляцией лазерного излучения представлена на рисунке.

Устройство содержит источник лазерного излучения 1, модулированного СВЧ колебаниями, передающий объектив 2, приемный объектив 3, полупрозрачное зеркало 4, зеркало 5, опорный фотоумножитель 6, на торце которого со стороны полупрозрачного фотокатода 7 установлен внешний кольцевой электрод 8, сигнальный фотоумножитель 9, на торце которого со стороны полупрозрачного фотокатода 10 установлен внешний кольцевой электрод 11, полуволновой резонатор 12, содержащий внешний 13 и внутренний 14 стержни, СВЧ гетеродин 15, два усилителя промежуточной частоты 16, 17, фазометр 18. Между внешними электродами 8, 11 и концами внутреннего проводника 14 резонатора имеются емкостные зазоры 19, 20. Кроме того, на рисунке введены обозначения:  $F$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  - световые потоки, модулированные с частотой  $f_c$ ;  $f_r$  - частота гетеродина.

Световой поток, модулированный с частотой  $f_c$ , из источника света 1 при помощи объектива 1 направляется к цели, дальность которой следует определить. Одновременно небольшая часть этого потока  $F_1$  с помощью зеркал 4, 5 направляется к полупрозрачному фотокатоду 7 опорного фотоумножителя 6, создавая из фотокатода модулированный с частотой  $f_c$  электронный поток.

Часть модулированного света доходит до цели, отражается от нее, собирается приемным объективом 3 и направляется к полупрозрачному фотокатоду 10 сигнального фотоумножителя 9. На приемник поступает световой поток  $F_2$ , создавая модулированный с частотой  $f_c$  электронный поток.

Фототоки сигнального 9 и опорного 6 фотоумножителей отличаются друг от друга фазой, величина которой пропорциональна измеряемой дальности. Измерением разности фаз определяют дальность.

Однако это очень сложный процесс, поэтому в дальномере предусмотрен блок для снижения частоты полезного сигнала до величины  $[f_c - f_r] < 1$  МГц.

Для этого в резонатор вводится сигнал гетеродина с частотой  $f_r$ . Тогда в областях электрических полей резонатора возникают большие СВЧ напряжения. Эти напряжения емкостными зазорами 19, 20 подаются на внешние электроды 8, 11, в результате чего каждый из них принимает определенный высокочастотный потенциал. Причем величины этих потенциалов постоянны во всех точках внешних

электродов. В результате этого каждая точка фотокатода находится в идентичном положении, что уменьшает фазовые погрешности.

Напряжения, приложенные к внешним электродам, создают поля, которые проникают через полупрозрачные фотокатоды, и вторично модулируют электронный поток с частотой  $f_r$ .

Процесс проникновения полей через полупрозрачные фотокатоды, представляющие резистивные пленки, описан в [5]. Из приведенных в [5] формул легко получить формулу, позволяющую определить нижний предел рабочей частоты, выше которой поля практически без препятствий проникают через фотокатод:

$$f_n = \frac{1}{2R_{\Pi} (C_{01} + C_{02})R^2}, \quad (2)$$

где  $R_{\Pi}$  - сопротивление квадрата резистивного слоя фотокатода;  $C_{01}$ ,  $C_{02}$  - емкости между плоскими электродами, приходящимися на единицу площади;  $R$  - радиус внешнего электрода, равный радиусу фотокатода.

Расчеты на основе выражения (2) показывают, что в реальных условиях величина  $f_n$  не превышает 1 МГц. Это означает, что для СВЧ полей фотокатод не существует, т.е. он не влияет на структуру СВЧ полей.

В результате двойной модуляции в спектре фототока возникает составляющая разностей  $[f_r - f_r]$  частоты, которая усиливается умножительной системой, далее усилителями 16, 17 и подается на фазометр 18.

В данном приборе использованы два фотоумножителя, которые находятся в одинаковых условиях, поэтому изменение внутренних и внешних факторов одинаково влияет на фазы опорного и сигнального фотоумножителей, и тем самым их разность не изменяется. Благодаря этому погрешность данного дальномера приблизительно в два раза меньше погрешности серийного светодальномера ДК 001 и составляет  $\sim 0,5$  мм.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Большаков В.Д., Деймлих Ф., Голубев А.Н., Васильев В.П.** Радиогеодезические и электро-оптические измерения.- М. : Недра, 1985.-304с.
2. Патент 3.555.281 (США) / **К.А.Гулгазрян, А.П.Скибарко.**
3. **Спиридонов А.И., Кулагин Ю. Н., Крюков Г.С.** Справочник-каталог геодезических приборов. – М. : Недра, 1984. - 240с.
4. Патент N976A2(AM). Լազերային փուլային հեռաչափ / Ա.Վ.Փափազյան, Դ.Կ.Ղուկազարյան, Կ.Ա.Ղուկազարյան. 2001:
5. **Гулгазрян К.А.** Новый способ управления электронным потоком в фотоэлектронных приборах // Радиотехника. - 1970. – N 10 - С. 101 - 102.

## Դ.Կ. ՂՈՒԼՂԱԶԱՐՅԱՆ

### ԼԱԶԵՐԱՅԻՆ ԸԱՌԱԳԱՑՅՑՄԱՆ ԳԲՀ ՍՈՂՈՒԼՄԱՍԲ ՓՈՒԼԱՅԻՆ ԼՈՒՍԱՀԵՌԱՀԱՓ

Ներկայացված է բարձրագույն ճշտության փուլային հեռաչափի նոր սխեմա: Կիսաալիքային ռեզոնատորում տեղադրված են երկու ֆոտոբազմապատկիչներ այնպես, որ նրանց կիսաթափանց ֆոտոկատոդները գտնվում են ռեզոնատորի էլեկտրական դաշտի տիրույթներում: Ռեզոնատորը գրգռվում է 600 *ՄՀ* հաճախության հետերոդինի ազդանշաններով: Հենակային ֆոտոբազմապատկիչ է ուղարկվում ԳԲՀ-ով մոդուլված լազերային ճառագայթման մի մասը, իսկ ազդանշանային՝ օբյեկտից անդրադարձած ճառագայթումը: Չափելով ազդանշանային և հենակային ֆոտոռնդունիչների միջանկյալ հաճախության ազդանշանների փուլերի տարբերությունը, որոշում ենք հեռավորությունը: Սարքի՝ հեռավորության չափման սխալը փոքր է մասսայական արտադրության ԴԿ-001 լուսահեռաչափի չափման սխալից և կազմում է  $\approx 0,5$  մմ:

## D.K.GHULGHAZARYAN

### THE PHASE LIGHT RANGE FINDER WITH HF MODULATION OF LASER EMISSION

A new circuit with the utmost accuracy of phase light range finder is represented. Two photomultipliers are installed in half-guide resonator so that their semi-transparent photocathodes are within the electric fields of resonator. The resonator is excited by 600 *mHz* heterodyne signals. The part of the HF modulated laser emission is directed to the supporting photomultiplier and the emission, which reflects the target, is directed to the signal photomultiplier. Measuring the phase difference intervening frequency of signal and support photodetector, the range is defined. The error of range measurement is less than the error of range finder ДК-001 measurement which is nearly 0,5 *mm*.