2. K. W. Gray, I. Ozier, Phys. Rev. Lett., 1971, 26,

3. Ю. С. Константинов, А. М. Смирнов, ПТЭ, 1972,

№ 5, 134. 4. Ю. С. Константинов, А. М. Смирнов, Тез. докл. XI Европейск. конгр. по молекулярной спектро-скопии, 1973, стр. 69(С1), АН ЭССР, Таллин.

5. В. Синивег, В. Салум, Изв. АН ЭССР, Сер. физ.-матем. наук, 1968, 17, 49.

1A)

)M.

RU:

VT-

OH-

Г0-

TOM

TTD

Без OB» :He-

фи-:на-MME CMний ики

TTIэне-

тек-

ина-

RNH

лвазый.

осле

шка

СИЮ

гуда

чK

)VIO-

раз-

CML- $T_1$ .

пек-

ч.,

MC-

раз-MO-HTOB

MOX-

:пек-

ных, стей, HOB,

I [7].

Bap-

мощь

докл. p. 29, T. F. Bystrov, J. Magn. Resonance, 1970, 2, № 3, 267.

7. Yu. S. Konstantinov, A. M. Smirnov, S. D. Varlamov, Abstracts XX th Congress AMPERE, USSR, Tallinn, 1978, D4312.

8. В. Г. Веселаго, Радиотехника и электроника, 1961, 5, № 4, 849.

9. W. Anderson, Rev. Scient. Instrum., 1962, 33, 1160.

10. К. В. Владимирский, Б. А. Лабзов, ПТЭ, 1962, 103.

11. А. Н. Любимов, Н. М. Померанцев, Ж. техн. физ. 1968, 38, 2054.

К. В. Владимирский, Краткие сообщения по физи-ке, 1972, № 3, 47, ФИАН, Москва.

Ю. С. Константинов, А. М. Смирнов, Радиотех-ника и электроника, 1972, 17, № 11, 2456.

R. R. Ernst, J. Magn. Resonance, 1971, 4, № 2,

В. Андерсон, Приборы для научных исследований, 1961, № 3, 3.

Московский госуниверситет. Поличено 4.VII. 1978

УДК 539.107

## СИСТЕМА ЧАСТОТНОЙ АВТОПОДСТРОЙКИ ЛАМП ОБРАТНОЙ ВОЛНЫ ТЕРАГЕРЦОВОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ

С. П. БЕЛОВ, Л. И. ГЕРШТЕЙН, В. В. ИЛЯХИНА, А. В. МАСЛОВСКИЙ, В. С. САВЕЛЬЕВ

Описана система стабилизации частоты ламп обратной волны по стабильному опорному сигналу в диапазоне частот 600 ÷ 1100 ГГц и приведены ее основные характеристики. Отмечена возможность применения системы на более высоких частотах.

Ранее была описана система частотной автоподстройки (ч.а.п.) лами обратной волны (л.о.в.) по стабильному опорному сигналу в диапазоне частот до 600 ГГц [1]. Применение этой системы в микроволновом спектрометре позволило повысить точность измерения частот линий молекулярного поглощения примерно на 2 порядка [2]. В данной работе сообщается о создании ч.а.п. л.о.в. типа описанных в работе [3] в области частот 0,6 ÷ 1,1 ТГц и приводятся ее характеристики.

Основная трудность осуществления ч.а.п. на частотах >600 ГГц связана с получением достаточно сильного для управления л.о.в. сигнала. Эта трудность преодолена путем повышения частоты опорного генератора системы до 300 ГГц и применением более эффективного на высоких частотах смесителя-умножителя. Блок-схема системы ч.а.п. л.о.в. приведена на рис. 1. В качестве опорного генератора в системе используется ЛОВ-1 [4], частота которой стабилизирована с помощью системы диапа-

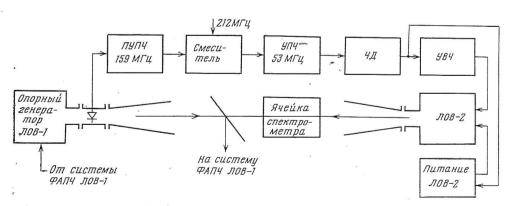


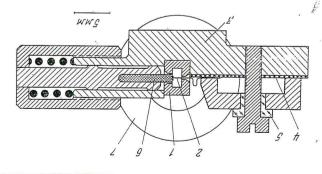
Рис. Л. Блок-схема системы ч.а.п. л.о.в. диапазона 0,6 ÷ 1,1 ТГц

Излучение тератерцовой л.о.в. (ЛОВ-2) поступает на смеситель-умножитель через рупор, как показано на рис. 1. Сигнал биений рупор, как показано на рис. 1. Сигнал биений между гармоникой основной частоты и излучетеля подется на коаксиальный вход предварителя подется на коаксиальный вход предварителя подется на коаксиальный вход предварителя промежуточной частоты (ПУПЧ) гибним проводником длиной ~10 мм. Полоса пропускания ПУПЧ 24 МГц, коэффициент усиления 70, фактор шума 6 дВ. Общий коэффициент усиления тракта промежуточной частоты регулируется в пределах (3 ÷ 30)10³, частоты регулируется в пределах (3 ÷ 30)10³, полоса пропускания УПЧ ~10 МГц.

.µТя 008~ эптэп оп кинэп 4.103, граничная частота коэффициента усиэнот моннкотооп вн имраеппидато тнэмимффеон ,µПП 2 кинажqэду вное ,µПМ 02 втвахае воогоп ч.а.п. л.о.в. имеет следующие характеристики: цепей фазового детектора. В целом система иматэтүэто а и Дд 44 од энот моннкотэоп вн кин  $=5.10^{-4}$ , в увеличении коэффициента усилемитегрирующего фильтра с T=0,8 мс и m=1опизка к характеристике пропорционально характеристики, которая в нашем случае в [8] заключается в изменении их частотной [8]. Отличае цепей управления от описанних ПОВ-2 по двум каналам (рис. 1) аналогично сигнал управления с выхода ЧД подается на держки сигнала в тракте ПЧ <0,15 мкс. -яз мерен в Суммарное время за--кпудом йонтотэвр модотнэтэд мынтотэвр кин меняется в пределах ±2 В. Полоса пропуска-8 МГц выходной сигнал при насыщении УПЧ в котором при изменении входной частоты на ,(ДР) qотнетый интотове вн вотевдоп РПV, После преобразования частоты сигнал через

используемого в системе ч.а.п. смесителя-умсвидетельствует о достаточной эффективности шее качество стабилизации частоты л.о.в. и -большая величина биений обеспечивает хороинтерференции в субмиллиметровом тракте. с электромагнитом, которые меняли условия MOB-2 NIIN ячейки спектрометра имвточовоп имишакоден эживт в ,(Ам Е,О од 1,О то моте иди клиням менялся при этом от кинэшэмэ кинэжкүпьн модобдоп дэвлетитэод чина биений при перестройке по диапазону чи чаблюдения таблюдения таблюдения при наблюдения таблюдения таб частотах велизод ПТП гостигала на выходе Величина биений по диапазону менялась и на ТГи на 3-й и 4-й гармониках основной частоты. лась во многих участках диапазона 0,7 - 1,1 Стабилизация частоты л.о.в. осуществля-

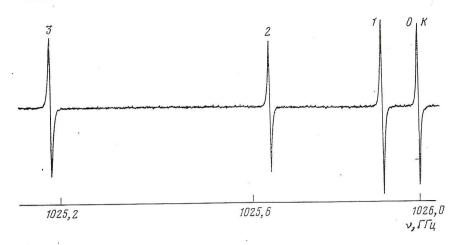
ножителя. На рис. 3 представлен пример записи линий



Puc.~3. Разрез смесителя-умножителя. Сечение волновода,  $(1)~1,2\times2,4$  мм², длина  $\sim20$  мм. Игла 2 изолирована от корпуса 3 с помощью слюдяной прокладки 4 и диэлектрической шайбы 5.~6 — кристаллодержатель, и диэлектрической смесителя-умножителя  $\gamma$ 

зонной фазовой автоподстройки частоты  $(\Phi A \Pi \Psi)$  [5] и известна с точностью  $(\Phi A \Pi \Psi)$  и известна с точность излучения  $\Pi OB$ -1 ответвляется на систему  $\Phi A \Pi \Psi$  с помощью кварцевой пластинки толщиной  $\Phi A \Pi \Psi$  с помощью кварцевой пластинки

большего тока через кристалл. продольной оси волновода до получения наишими поворотами смесительной секции вокруг -аподэн 1-801. йэшаягодяд иди кэтидоягиоди етройка смесителя-умножителя в жиодтэ графа вольт-амперной характеристики. Наруется по появлению на экране характерионием кристалла, и его возникновение регистриструктурой диода осуществляется перемещедлиннофокусной линзы. Контакт иглы со тролируется визуально с помощью небольшой смесительной секции после закрепления конется (рис. 2). Положение иглы в волноводе в волновод через отверстие ф 0,2 мм и зажимакутяром с 10-кратным увеличением вставляется -онио доп вити оминаованопом и кваотот кпэт завернут в тонкую фольгу. При сборке смесиволочки заточен электролитически [7], другой волочка имеет диаметр 50 мкм. Один конец про--одп кваэмнэд-мядфайод квитактной мотния ции и может перемещаться микрометрическим широкой стенки волновода смесительной секмером  $0.5 \times 0.5$  мм<sup>2</sup> размещена в середине тельное сопротивление 15 Ом. Структура раз-3 мкм, барьерная емкость 0,02 пФ, последоваимеют следующие параметры: диаметр окон технологии, описанной, например, в [6], методами обычной эпитаксиальной планарной таллиевые сотовые структуры изготовлены лиевый диод с барьером Шоттки. Арсенид--плет-умножителе используется арсенид-галвывода мощности опорного генератора. В сме- $\times$  2,4 мм² (рис. 2), равным выходному сечению тирован в волноводной секции с сечением 1,2 × Смеситель-умножитель системы ч.а.п. смон-



Puc. 3. Запись вращательного перехода I=3 o 4 молекулы фосфина  $\mathrm{PH_3}$  в возбужденном колебательном состоянии  $V_2=1$ , полученная при непрерывной перестройке частоты л.о.в. в режиме ч.а.п. Ширина линий на записи  $\leqslant 5$  МГц

поглощения молекулы фосфина на частотах >1 ТГц, которая сделана на спектрометре РАД [9] с описанной выше системой ч.а.п. л.о.в. Ширина линий на записи  $\sim 5$  М $\Gamma$ ц. Перестройка частоты терагерцовой л.о.в. при записи спектра производилась изменением частоты опорного генератора. Среднеквадратичное отклонение мощности излучения от среднего значения, определенное в соответствии с работой [10] по относительному изменению величины сигналов от линий РН3, составляет на записи спектра  $\sim\!8\%$ . Величина диапазона непрерывной перестройки частоты в режиме стабилизации л.о.в. ограничена вследствие интерференционных явлений и достигает  $\sim$ 1 ГГц. Влияние интерференции, по-видимому, может быть ослаблено введением в смеситель-умножитель органов подстройки и более тщательным исполнением элементов субмиллиметрового тракта. Внутреннее согласие измерений частот линий молекулярного поглощения с помощью системы ч.а.п. л.о.в. составляет  $5 \cdot 10^{-8}$ .

B-2)ерез ний **уче-**-NK( ариготы MM. ффищий тной  $)10^{3},$ 

ерез

 $\mathcal{I}\mathcal{I}$ ),

л на

 $V\Pi \Psi$ 

скауляза-

мкс.

вн в

онги

иных

тной

vчае

пьно

m =

зиле-

ТВИИ

тема

'ики:

 $\Gamma\Gamma\Pi$ ,

токе

уси-

гвля-

+1,1

готы.

и на

іходе

вели-

130HY

кинэр

M OT

тами

месте

гивол

акте. xopo-.в. и ности я-ум-

иний

при

Таким образом, разработанная система позволяет существенно повысить разрешающую силу и точность измерений частот спектральных линий молекул у субмиллиметровых спектрометров в области частот  $0.6 \div 1.1$  TГц. Отметим также, что большая величина отношения сигнала к шуму в системе позволит, повидимому, осуществить ч.а.п. л.о.в. и на более высоких частотах.

Авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность А. Ф. Крупнову за постоянное внимание к работе, Ю. А. Дрягину и В. П. Мезенцеву за полезные советы.

## ЛИТЕРАТУРА

- 1. А. Ф. Крупнов, Л. И. Герштейн, ПТЭ, 1970, № 1, 159.
- 109.
  2. А. Н. Вальдов, Л. И. Герштейн, Е. Н. Карякин и др., ПТЭ, 1974, № 5, 110.
  3. М. Б. Голант, З. Т. Алексеенко, З. С. Короткова и др., ПТЭ, 1969, № 3, 231.
  4. М. Б. Голант, Р. Л. Виленская, Е. А. Зюлина и др. ПТЭ, 1965, № 4, 136.
  5. Л. И. Герштейн. А. В. Массеенко.

- А.В. Масловский, С. П. Белов, 5. Л. И. Геритейн, А. В. Масловский, С. П. Белов, Ю. П. Шандра, Тез. 4-го Всес. сими. по молекулярной спектроскопии высокого и сверхвысокого разрешения, 1978, стр. 243, Ин-т оптики атмосферы CO AH CCCP, TOMCK.
- 6. Ананд, Морони, ТИИЭР, 1971, 59, № 8, 57. 7. Сб. Техника спектроскопии в дальней инфракрасной, субмиллиметровой и миллиметровой областях
- спектра (под ред. Д. Мартина), 1970, «Мир». А. Ф. Крупнов, Л. И. Герштейн, ПТЭ, 1970, № 6,
- С. П. Белов, А. В. Буренин, Л. И. Герштейн и др., Оптика и спектроскопия, 1973, 85, 295.
   Б. А. Андреев, С. П. Белов, А. В. Буренин, Ра-диотехника и электроника, 1974, 19, № 6, 1318.

Институт прикладной физики АН СССР, Получено 8.VIII.1978