

В. А. БОНДАРЕВ, д-р техн. наук А. Я. ЛЕЙКИН  
 С. В. РОТАРЬ, канд. техн. наук  
 В. С. СОЛОВЬЕВ, Б. В. ТЕЛЕГИН, Н. С. ФЕРТИК

## ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНТУРА УСИЛЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО КВАНТОВОГО ГЕНЕРАТОРА $\lambda = 337$ мкм

Большая часть измерений абсолютных значений частот оптических квантовых генераторов (ОКГ) в инфракрасном и субмиллиметровом диапазонах производились при прямом или косвенном использовании частоты ОКГ на HCN ( $\nu \approx 890$  ГГц). Естественно, что точность этих измерений существенно зависит от точности измерения частоты последнего. В то же время результаты, известные по литературным источникам, значительно отличаются друг от друга и колеблются от 890754 МГц [1] до 890760,4 [2]. Это отличие можно объяснить или ошибками в методике измерений, или большой зависимостью частоты излучения от условий эксперимента.

Выяснению последнего факта, а также других характеристик контура усиления ОКГ на HCN была посвящена работа, результаты которой приводятся в настоящем сообщении.

### Экспериментальная установка

Экспериментальная установка, использовавшаяся при исследованиях, аналогична установке, описанной в [1]. Оптический квантовый генератор имел те же характеристики, что и в [1] и возбуждался с помощью нефильтрованного источника питания. Контроль уровня мощности производился при помощи пи-

розлектрического приемника и осциллографа. Смещение частоты ОКГ с частотой 12-й гармоники клистрона 74 ГГц производилось на несколько модифицированном по сравнению с [1] смесителе, а сигнал биений наблюдался после усилителя промежуточной частоты на осциллографе или спектроанализаторе.

Система привязки частоты клистрона к частоте кварцевого

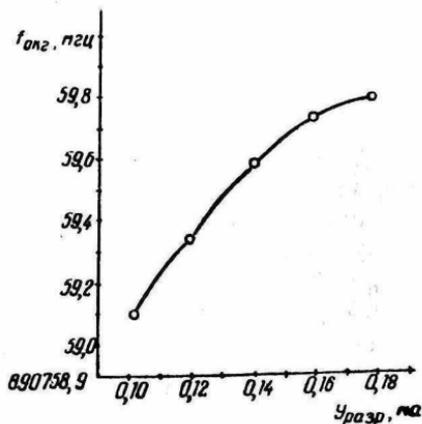


Рис. 1. Зависимость центральной частоты ОКГ от тока разряда.

генератора обеспечивала возможность контролируемой перестройки частоты 12-й гармоники от 890 750 до 890 770 МГц.

При питании ОКГ от нефилтрованного источника питания (модуляция тока имела величину ~60%) в результате модуляции усиления неизбежно наблюдалась не только амплитудная, но и частотная модуляция частоты ОКГ. Настриваясь кварцевым генератором по максимуму сигнала биений, можно было измерить частоту ОКГ как  $\nu_{окг} = \nu_{12\text{гарм}} - \nu_{упч}$ . Из-

мерялась частота, соответствующая максимуму контура усиления, форма контура усиления, зависимость центральной частоты

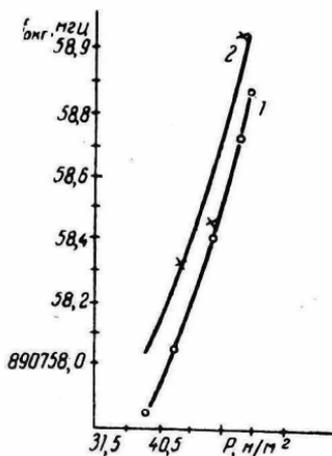


Рис. 2. Зависимость центральной частоты ОКГ от парциальных давлений воздуха и ацетона: 1 — зависимость частоты ОКГ от давления ацетона; 2 — зависимость частоты ОКГ от давления воздуха.

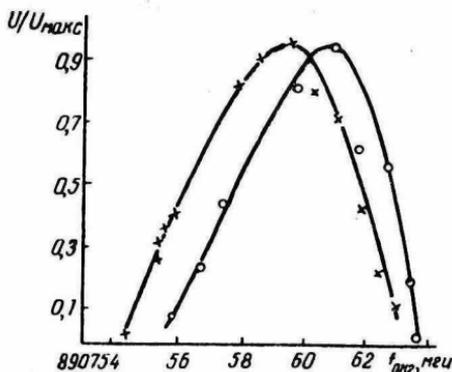


Рис. 2. Контур усиления ОКГ: 1 —  $I_{разр} = 120 \text{ mA}$ , давление смеси  $P_1$ ; 2 —  $I_{разр} = 200 \text{ mA}$ , давление смеси  $P_2$ ;  $P_1 < P_2$ ;  $\Delta$  — центральная частота ОКГ по 22 измерениям.

ты от давления и тока разряда, зависимость ширины линии от тока разряда и от давления, величина девиации частоты и ее зависимость от расстройки, воспроизводимость частоты излучения при контролируемых режимах возбуждения. Были измерены также ширина и форма контура усиления при различных порогах генерации. Перечисленные результаты представлены на рисунках 1, 2, 3.

### Обсуждение результатов

При использовании нефильтрованного источника питания ОКГ спектр излучения ОКГ представляет собой сложную картину, из чего следует, что модуляция усиления приводит к сильной деформации и смещению контура. Частотная модуляция наблюдается даже при настройке частоты генерации на максимум контура усиления. Это говорит о том, что при АМ усиления происходит смещение контура и, как следствие этого, — изменение затягивания частоты генерации к максимуму. Этот же эффект может маскировать истинную ширину линии.

Измерения частоты излучения, соответствующей максимуму усиления дали результаты, приведенные в таблице.

$f_{\text{ОКГ центр}} \text{ мГц}$	№	$f_{\text{ОКГ центр}} \text{ мГц}$	№	$f_{\text{ОКГ центр}} \text{ мГц}$
890760,3	9	890760,1	17	890760,8
890760,5	10	890759,9	18	890760,0
890760,4	11	890760,4	19	890761,0
890760,9	12	890761,0	20	890760,9
890760,7	13	890760,3	21	890760,9
890760,5	14	890760,7	22	800760,7
890760,4	15	890760,8		
890760,5	16	890761,0		

Результаты измерений существенно отличаются от наших предыдущих измерений [1]. Как показали дальнейшие исследования, причина этого заключается в различии режимов ОКГ. Как видно из рис. 1, частота генерации существенно зависит от тока разряда, что говорит о наличии дисперсии показателя преломления. Крутизна этой зависимости составляет примерно 9  $\text{кГц/ма}$  и может давать ошибку порядка 3  $\text{МГц}$ , если учесть, что в [1] использовались токи накачки 400 – 600  $\text{ма}$ . Большая зависимость частоты от тока указывает также на однородный характер уширения линии, что было подтверждено последующими экспериментами.

По результатам 22 измерений центральной частоты  $f_{\text{ОКГ средн}} = 890760,58 \pm 0,12 \text{ мГц}$ ;

$$\frac{\Delta f}{f} = 1,3 \cdot 10^{-7}.$$

Зависимость частоты излучения от общего давления и от парциального давления компонент ( $\text{CH}_4$  воздух — рис. 2) имеет

крутизну  $\sim 700$  кгц/мм масл. ст., причем она (крутизна) одинакова для обеих составляющих смеси. Таким образом, столкновительные процессы играют существенную роль при формировании линии и их природа представляет существенный интерес для идентификации механизма возбуждения лазера на HCN.

Необходимо отметить, что при одинаковых условиях изменение давления не приводит к изменению ширины линии, а (с точностью до погрешности эксперимента) приводит лишь к ее смещению (рис. 3). Как показала неоднократная проверка, форма линии имеет лорентцовский вид и слабо меняется при изменении тока разряда и давления смеси (рис. 3).

Была измерена величина девиации частоты ОКГ вследствие модуляции усиления и ее зависимость от расстройки относительно максимума контура усиления. Величина девиации, измеренная различными способами, составила  $\sim 1$  МГц и слабо изменялась от расстройки. Это можно объяснить только тем, что добротность резонатора значительно хуже, чем добротность линии. Это еще раз подтверждает однородность характера уширения линии.

Результаты эксперимента показали, что частота генерации ОКГ на HCN существенно зависит от тока разряда, давления смеси и компонент и очень чувствительна к флуктуациям тока разряда. Поэтому при точных измерениях частот ОКГ в СВМ и ИК диапазонах данный ОКГ необходимо синхронизировать с образцовой мерой частоты или стабилизировать по другому, более стабильному реперу. Использование собственного контура усиления для стабилизации частоты нежелательно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Измерение частоты ОКГ на HCN. — «Измерительная техника», 1970, № 11, с. 5—8. Авт.: В. А. Бондарев, Р. А. Валитов, М. Е. Жаботинский и др.
2. Harold S. Soyne, «Laser Frequency Stabilization Techniques and Application» IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement», Febr., vol. IM — 20, № 1, 1971, p. 19—22.