

Рис. 2. Зависимость кривой мощности излучения лазера от частоты; глубина провала 100% ( $I_{\max} - I_{\min}$ )/ $I_{\min}$ .

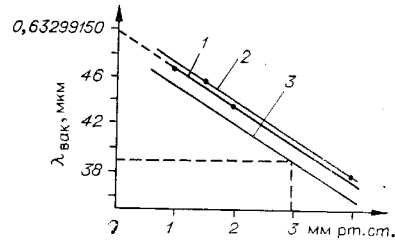


Рис. 3. Зависимость длины волны 0,6328 мкм гелий-неонового лазера от давления  $\text{He}^3$  при постоянном давлении:  
1 —  $\text{Ne}^{20}$  — 0,35 мм рт. ст.; 2 —  $\text{Ne}^{20}$  — 0,1 мм рт. ст.; 3 —  $\text{Ne}^{20}$  — 1,2 мм рт. ст.

зается удобный для практики прием. Поскольку длина резонатора для всех трубок одинакова, глубина провала оценивается относительно уровня двух мод (рис. 2).

Допустимое отношение сигнал/шум в полосе 0—1 МГц составляет для наших трубок величину 100:1. Выходная мощность лазеров обычно лежит в пределах 0,2—0,3 мВт. Общее давление и парциальный состав газовой смеси подбираются индивидуально для каждой трубки, так как капилляры активных элементов предварительно не калибруются.

В зависимости от давления гелия активному элементу приписывается определенное номинальное значение длины волны излучения, соответствующее центру провала Лэмба. Это значение определяется по градуировочному графику [3], приведенному на рис. 3. Для наших трубок разброс давлений лежит в пределах 3—3,5 мм рт. ст. и приводит к изменению в длине волны излучения от трубки к трубке, равному в относительных величинах  $2 \cdot 10^{-6}$ .

При окончательной настройке лазера чистота спектра излучения контролировалась по симметричности кривой мощности излучения в зависимости от частоты при смешении фотоприемника перпендикулярно относительно луча.

По приведенной выше технологии было изготовлено десять лазерных трубок. К настоящему времени они проработали 5,5 тысячи часов без заметных ухудшений параметров. Срок хранения для нескольких трубок превышает 1,5 года и позволяет надеяться, что он будет ограничен только диффузией гелия сквозь стекло.

В заключение авторы выражают благодарность М. Б. Газян и Т. Н. Ивановой за помощь в освоении технологии заварки ситаллоцементом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Г. А. Ленкова, А. И. Лохматов, И. А. Михальцова. Одночастотный стабилизированный гелий-неоновый лазер.— *Автометрия*, 1971, № 1.
2. О. А. Боярчикова, В. Д. Соболев, А. С. Шипалов. Методика прогнозирования срока службы приборов тлеющего разряда с полым катодом.— *Электронная техника, серия 3, Газоразрядные приборы*, 1971, вып. 4 (24).
3. E. J. G. Engelhard and Kamal Abdel — Hady Mohamed. Pressure-Wavelength Relationship of the 6328 — Å Helium-Neon Laser Emission.— *JOSA*, 1971, v. 61, № 2.

Поступило в редакцию 5 сентября 1973 г.

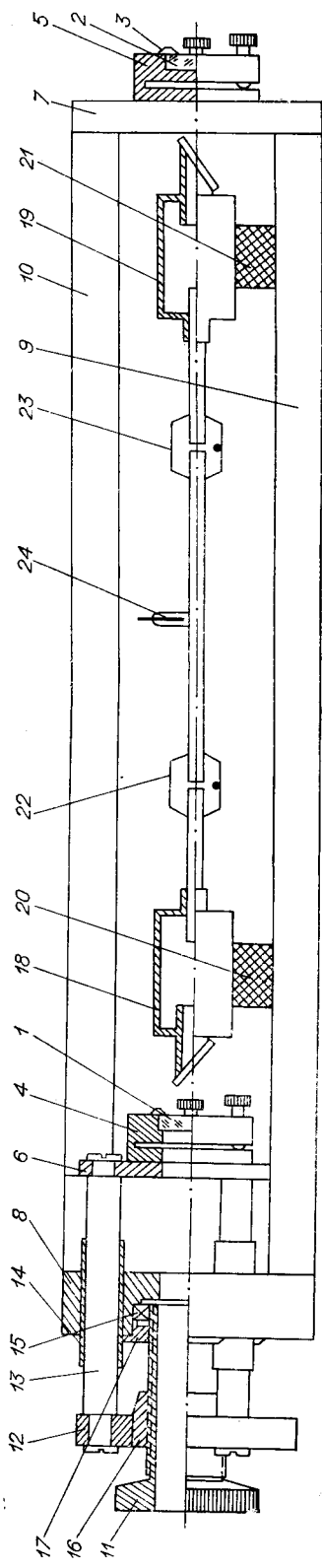
УДК 621.375.826(08)

К. А. БИКМУХАМЕТОВ, В. М. КЛЕМЕНТЬЕВ  
(Новосибирск)

## ЛАЗЕР НА ПАРАХ РТУТИ

В настоящей работе нами описывается конструкция лазера на парах ртути, резонатор которого предназначен для исследования двухчастотного режима\*, а разрядная трубка устроена так, что получение оптимального давления паров ртути и одновременно

\* М. И. Бетеров, В. М. Клементьев, В. П. Чеботаев. О точном измерении изотопического сдвига линии 1,5295 мкм ртути оптическим и СВЧ-методами.— *Оптика и спектроскопия*, 1969, т. 27.



Конструкция двухчастотного лазера:

1, 2 — зеркала; 3 — пружинящие пластинки; 4, 5 — подстроечная головка; 6, 12 — малый фланец; 7, 8 — опорный фланец; 9, 10 — инваровые стержни; 11 — микро-  
винт; 13 — стержень; 14 — бронзовая втулка; 15 — подшипник; 16 — втулка бронзовая, резбовая; 17 — заглушка; 18, 19 — катод; 20, 21 — диэлектрическая подставка;  
22, 23 — ячейка; 24 — анод.

предотвращение конденсации их на окнах разрядной трубки достигается посредством собственного тепла разряда. Обычно для обеспечения тех же условий требуются дополнительные источники подогрева и вследствие этого усложняется и делается энергетически невыгодной лазерная установка в целом. Отличительная особенность предлагаемого резонатора состоит в том, что в нем предусмотрено плоскопараллельное перемещение одного или при необходимости обоих зеркал посредством специальной механической головки в пределах нескольких сантиметров.

Кратко опишем ртутный лазер, представленный на рисунке. Зеркала резонатора 1, 2 при помощи пружинящих пластинок 3 прикрепляются к подстроечным головкам 4, 5, закрепленным к фланцам 6, 7. Фланцы стянуты четырьмя инваровыми стержнями (9, 10). Микровинт 11 через резьбу связан с малым фланцем 12, а тот, в свою очередь, с другим фланцем 6, на котором закреплена подстроечная головка на торце катода продолжена внутрь 11 обеспечивается плоскопараллельное перемещение фланцев 12, 6 и соответственно зеркала 1 на 5 см через три стальных стержня 13, которые скользят внутри бронзовых втулок 14, вделанных в опорный фланец 8. При плоскопараллельном перемещении зеркала 1 происходит отклонение луча лазера не более чем на  $0,2''$ — $0,3''$ , а мощность лазера при перемещении на 5 см меняется в пределах 5—7%.

На рисунке также дана конструкция разрядной трубки, особенности которой определяются размещением и формой электродов и ячеек с испаряемым веществом, в данном случае ртути. Как видно, трубка состоит из двух полых катодов 18, 19, анода 24 и двух ячеек 22, 23, выполненных в виде пузырьков с вдвинутыми внутрь их концами разрядной трубки так, что зазор между ними остается не более 2 мм. В пузырьки помещаются капли испаряемой ртути. Описанная конструкция ячейки благодаря подобному экспериментально или рассчитанному диаметру позволяет обеспечить оптимальный режим испарения ртути за счет тепла разряда на примесном газе (например, гелии или неоне); позволяет сохранить активную длину разряда и, что немаловажно, обеспечивает сохранность положения ртути в ячейке при любом положении лазера. Число ячеек в зависимости от длины разрядной трубки можно увеличить до необходимого количества.

Катоды, выполненные в виде коаксиальных полых цилиндров (см. рисунок), помещаются по обоим концам разрядной трубки. Они изготовлены так, что их торцы имеют продолжение в виде трубок, концы которых по отношению к оси трубки срезаны под углом Брюстера. На концах этих трубок укрепляются выходные окна разрядной трубки. Благодаря тому, что в процессе разряда катоды сильно нагреваются, выходные окна подвергаются постоянному подогреву, достаточному для испарения ртути. Для того чтобы распыляемый материал не достигал поверхности окон, выходная трубка на торце катода продолжена внутрь катода.

Нами был собран гелий-ртутный лазер ( $\lambda=1,53$  мкм) с длиной резонатора 55 см и разрядной трубки 44 см. Диаметр разрядной трубки был равен 3 мм, диаметр ячейки — 20 мм.

Эта конструкция обеспечивала давление ртути в трубке, близкое к оптимальному (оптимальное давление паров ртути при  $\varnothing$  3 мм составляет  $10^{-2}$  мм рт. ст.) при токе разряда 15 мА. Размеры катода: внутренний диаметр 40 мм, длина 50 мм, диаметр торцевой выходной трубки с окном 5 мм при ее длине 60 мм, причем часть трубки, входящая внутрь катода, составляла 30 мм. Внутренняя трубка необходима для того, чтобы исключить доступ ртути и распыляемого материала катода на поверхность выходного окна. Катод был изготовлен из алюминия.

В заключение следует отметить, что трубки аналогичной конструкции могут быть использованы в лазерах, использующих вещества, пары которых применяются для создания активных сред. В связи с интересом к двухчастотным лазерам видимого и других диапазонов, на наш взгляд, может оказаться полезной и конструкция резонатора, позволяющая проводить исследования таких систем.

Поступило в редакцию 30 мая 1973 г.

УДК 517.918.32

Р. Д. БАГЛАЙ  
(Новосибирск)

### О НЕКОТОРЫХ РЕШЕНИЯХ ОДНОМЕРНЫХ И ДВУМЕРНЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ НА ЭВМ

Цель настоящего сообщения — информировать читателей журнала о практических возможностях Института автоматизации и электротехники СО АН СССР в решении обратных задач на ЭВМ. Не затрагивая формальной стороны используемых нами методов (см. [1—4]) и тех элементов конструктивной теории, которые были получены в институте [5, 6], мы проиллюстрируем их силу на практических примерах.

1. Для решения одномерных задач, которые представимы линейным интегральным уравнением Фредгольма, нами разработан ряд достаточно универсальных программ, в которых реализуется метод собственных функций ядра, метод сопряженных операторов, метод, основанный на общей схеме регуляризации, по А. Н. Тихонову, метод производящих функций (когда ядро является производящим для какой-либо ортогональной системы функций) и др. Эти программы с равным успехом используются как для восстановления сигналов, искаженных электрическим, оптическим, механическим фильтрами, так и для аттестации самих фильтров, т. е. определения ядра преобразования или, что то же, импульсной переходной функции фильтра.

Для решения обратных задач, представимых дифференциальными уравнениями, нами разработаны программы вычисления высших производных от эмпирических функций с применением регуляризирующих алгоритмов, а также метода, основанного на формальном дифференцировании ряда Фурье-функции и перманентном суммировании ряда, составленного из производных.

В приведенных ниже примерах приняты следующие обозначения:  $\varphi$ ,  $\psi$  — соответственно истинный и восстановленный сигналы;  $A$  — ядро;  $f$  — точное значение выходного сигнала;  $\alpha$  — параметр регуляризации;  $\eta_A$ ,  $\eta_F$  — шум с равномерным распределением, который добавлялся соответственно к  $A$  и  $f$ ;  $(a, b)$  — интервал, на котором задавались функции  $F=f+\eta_F$ ;  $h=(b-a)/N$  — шаг;  $N$  — число отсчетов. Восстановление сигнала для некоторых модельных задач представлено на рис. 1,  $a$  —  $z$ . Такого рода задачи возникают, например, в астрофизических исследованиях, в исследовании быстропротекающих процессов.

На рис. 1,  $a$ ,  $b$  изображены формы сигналов, восстановленных методом регуляризации нулевого порядка при следующих исходных данных:

$$A = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}; \quad \sigma=1; \quad \eta_A = \pm 0,2\% \text{ от } A_{\max}; \quad f=A*\varphi;$$

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \left[ e^{-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}} + e^{-\frac{(x+x_0)^2}{2\sigma^2}} \right]; \quad \eta_f = \pm 0,2\% \text{ от } f_{\max};$$

$h=0,1$ ;  $N=40$ . На рис. 1,  $a$  представлен случай, когда  $x_0=1,4$ , а на рис. 1,  $b$  —  $x_0=1$ .

Результаты решения более трудной задачи методом регуляризации первого порядка изображены на рис. 1,  $в$ . Здесь

$$A = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_1^2}}; \quad \sigma_1=1; \quad \eta_A = \pm 1\% \text{ от } A_{\max}; \quad f=A*\varphi; \quad \varphi = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma_2^2}};$$

$$\sigma_2=0,5; \quad f=A*\varphi; \quad \eta_f = \pm 10\% \text{ от } f_{\max}; \quad h=0,1, \quad N=40,$$

$\alpha=10^{-5}$ .