

1. Кноль М., Эйхмейер, Техническая электроника.— М., 1969.
2. Nasser—J. Appl. Phys., 1966, v. 37, p. 4712.

Поступила в редакцию
12.02.79.

Кафедра радиотехники и физической электроники

УДК 535.5

В. Н. АФАНАСЕНКО, В. А. ДАНИЛОВ, С. А. ЗЕНЧЕНКО

АКУСТООПТИЧЕСКИЙ МОДУЛЯТОР СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ

Для управления лазерным излучением широкое применение получили акустооптические устройства, которые используются во многих случаях для тех же целей, что и электрооптические приборы. Преимущество акустооптических устройств по сравнению с электрооптическими в меньшей управляющей мощности, более высоком контрасте, меньших оптических потерях, что особенно важно при использовании этих устройств в резонаторе лазера. Одним из основных достоинств акустооптических модуляторов считается независимость их характеристик от температуры [1, 2]. Однако такой особенностью отличаются только акустооптические модуляторы бегущей волны. Для модуляторов стоячей волны в работах [3, 4] отмечается влияние температуры на их характеристики. Акустооптические модуляторы стоячей волны широко применяются для синхронизации мод лазеров. Изменение характеристик модулятора под действием температуры будет приводить к изменению параметров оптических импульсов на выходе лазера с синхронизованными модами.

Целью настоящей работы было исследование влияния изменений температуры на характеристики акустооптических модуляторов, применяемых для синхронизации мод лазеров, кроме того, исследовалось влияние изменений мощности подводимого к модулятору высокочастотного сигнала на характеристики модулятора.

Нами исследовались акустооптические модуляторы стоячей волны, аналогичные описанным в [5].

Для исследования работы акустооптического модулятора была собрана установка (рис. 1), позволяющая измерять зависимость глубины модуляции от частоты и степени электрического согласования как в широком диапазоне частот, так и в пределах одного резонансного пика при изменении температуры модулятора и подводимой радиочастотной мощности.

Акустооптический модулятор (АОМ) помещался на пути луча He—Ne лазера. С помощью диафрагмы (Д) вырезался дифрагированный луч, который регистрировался фотодетектором (ФД). АОМ помещался в активный термостат, позволяющий изменять температуру в пределах 20—70 °С и поддерживать ее с точностью 0,1 °С в любой точке.

Для измерения частотной характеристики модулятора на его вход через усилитель (УС) и рефлектометр (Р) поступал сигнал от свипп-генератора типа XI—1А. Типичный вид характеристики представляет собой ряд эквидистантных резонансных пиков, разнесенных по частоте примерно на 100—300 кГц, что определяется размером и материалом звукопровода.

Изменение температуры модулятора на 20 °С вызывало изменение собственной частоты примерно на 200 кГц, т. е. температурная стабильность такого модулятора составляет величину около 10 кГц/град.

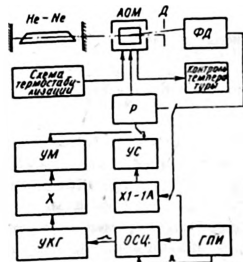


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки

Для исследования характеристик модулятора в пределах одного резонансного пика использовался управляемый кварцевый генератор (УКГ), сигнал с которого через умножитель (Х), усилитель мощности (УМ) и рефлектометр (Р) подавался на модулятор. Перестройка кварцевого генератора осуществлялась с помощью пилообразного напряжения, снимаемого с развертки осциллографа (ОСЦ), которым регистрировалась интенсивность дифрагированного луча и величина радиочастотной мощности, отраженной от модулятора. Диапазон перестройки частоты на выходе умножителя 50 кГц, что позволяло просмотреть форму резонансного пика модулятора.

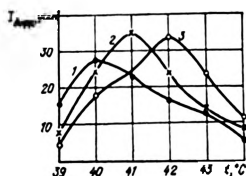


Рис. 2. Зависимость глубины модуляции от температуры для фиксированных частот модуляции

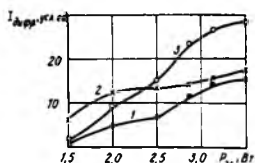


Рис. 3. Зависимость глубины модуляции от подводимой ВЧ-мощности при фиксированных частотах модуляции

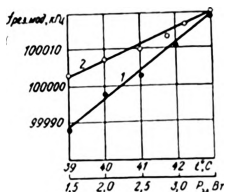


Рис. 4. Зависимость собственной частоты модулятора от температуры (1) и подводимой ВЧ-мощности (2)

Методика измерений в этом случае имела некоторые особенности. Осциллограф (ОСЦ) работал в ждущем режиме, и запуск развертки осуществлялся от генератора пусковых импульсов (ГПИ) с низкой частотой (5 Гц). Весь диапазон перестройки сканировался за время не более 5 мс. Это позволяло избежать изменений температуры модулятора в процессе перестройки, так как при перестройке вблизи резонансного пика происходят резкие изменения К. С. В. модулятора, а соответственно, и изменения уровня рассеиваемой в пьезопреобразователе радиочастотной мощности. При более медленном сканировании эти изменения рассеиваемой мощности вызывают изменения температуры модулятора, что делает невозможным наблюдение истинной формы резонансного пика.

Развертка осциллографа предварительно градуировалась в частотной области, что позволяло измерять как изменения глубины модуляции на фиксированных частотах (рис. 2, рис. 3), так и зависимости частоты резонанса (рис. 4) от температуры и поступающей радиочастотной мощности. Кривые 1—3 на рис. 2 и 3 приведены для различных частот модуляции, различающихся примерно на 10 кГц. Видно, что изменение температуры модулятора на 1°C (см. рис. 2), а также подводимой мощности на 1 Вт (см. рис. 3) может привести к изменению глубины модуляции в два — три раза, и каждой частоте модуляции соответствует своя оптимальная температура (см. рис. 2). Изменение подводимой мощности на 1 Вт вызывает такой же сдвиг резонансной частоты модулятора, как и изменение температуры на 1°C (см. рис. 4).

Таким образом, при использовании акустооптического модулятора стоячей волны необходима не только его температурная стабилизация, но и стабилизация уровня подводимой радиочастотной мощности. Изменения подводимой радиочастотной мощности вызывают локальный разогрев пьезопреобразователя и прилегающей к нему области звукопровода. Изменение температуры модулятора приведет к изменению его линейных размеров, но значение коэффициента линейного расширения для плавленого кварца $\alpha_l = 0,5 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$ [6] не может полностью объяснить наблюдаемую температурную зависимость собственной частоты модулятора от температуры ($\Delta f/f = 10^{-4}$). Основной вклад в изменение

собственной частоты модулятора вносит температурный коэффициент изменения скорости звуковых волн в плавленном кварце α_s , который составляет величину порядка 10^{-4} град $^{-1}$ [7].

В исследованиях [3, 8] синхронизация мод лазеров с помощью акустооптических модуляторов стоячей волны осуществлялась непосредственно на резонансной частоте модулятора. Такой режим, как и работа на высокочастотном склоне характеристики, является неустойчивым. Изменения температуры или уровня подводимой мощности могут привести к лавинообразному уходу резонансного пика модулятора с модулирующей частоты. Работа на низкочастотном склоне характеристики приводит к самостабилизации рабочей точки и снижению требований к системе термостабилизации.

Для того чтобы максимально использовать радиочастотную мощность, подводимую к модулятору, необходимо электрическое согласование импедансов усилителя и пьезопреобразователя модулятора. Такое согласование осуществлялось нами с помощью одношлейфового трансформатора или согласующего LC-фильтра. К. С. В. в обоих случаях был не хуже 2. Хорошее согласование, кроме того, облегчает электрический и тепловой режим выходного каскада усилителя мощности, что особенно важно для полупроводниковых каскадов. Аналогичный эффект можно получить в результате применения эффективной развязки выхода усилителя и нагрузки, например, с помощью ферритового вентиля или циркулятора.

Исследованные модуляторы позволили осуществить синхронизацию мод АИГ:Nd лазера с частотами повторения импульсов 200 и 250 МГц. Выбор модулирующей частоты ниже частоты собственного резонанса модулятора, термостабилизирование модулятора и стабилизация подводимой радиочастотной мощности дали возможность получить долговременную стабильную работу лазеров в режиме синхронизации мод без дополнительных схем автоподстройки.

В заключение авторы выражают благодарность Л. Н. Магдичу и П. И. Шницеру за предоставленные модуляторы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chang I. C.—IEEE Trans. on Sonic and Ultrasonic, 1976, v. SU-23, № 1, p. 2.
2. Магдич Л. Н., Молчанов В. Я. Акустооптические устройства и их применение.— М., 1978.
3. Спирс, Ларсен — Приборы для научных исследований, 1977, № 4, с. 100.
4. Falk J., Hitz C. B.—IEEE J. Quant. Electron., 1975, v. QE-11, № 7, p. 365.
5. Магдич Л. Н., Сасов В. Н., Шницер П. И.—Электронная техника. Сер. 10, квантовая электроника, 1975, вып. 1, с. 67.
6. Таблицы физических величин. Справочник.— М., 1976.
7. Бокан П. Я. Механические свойства силикатных стекол.— М., 1970.
8. Галкин С. Л., Кружалов С. В., Николаев В. М. и др.—Письма в ЖТФ, 1977, т. 3, № 1, с. 18.

Поступила в редакцию
10.05.79.

НИИ ПФП

УДК 621.375.826

Н. Н. ВАСИЛЬЕВ, А. П. ЗАЖОГИН

ПЕРЕСТРАИВАЕМЫЙ СТРУЙНЫЙ ЛАЗЕР НА РАСТВОРАХ КРАСИТЕЛЕЙ

Исследования в области комбинационного рассеяния света, абсорбционный и люминесцентный анализ требуют источников когерентного излучения с перестройкой частоты генерации в широком спектральном диапазоне и достаточно хорошей воспроизводимостью излучения. Таким требованиям удовлетворяют лазеры на растворах органических красителей (ЛРОК). Использование в качестве активного элемента свободной струи раствора красителя позволяет избежать проблем, связанных с потерями на окнах кюветы, нагреванием окон, их загрязнением продук-