

УДК 621.373.826

Лазер на парах меди со стабилизацией выходных характеристик. Воронов В.И., Евтушенко Г.С., Егоров А.Л., Карманов Г.А., Федоров В.Ф., Филонов А.Г., Елаев В.Ф., Мальцев А.Н., Солдатов А.Н., Юдин Н.А. // Научное приборостроение. Методы и приборы биотехнологии. Л.: Наука, 1988, с.61.

Представлены результаты исследования и разработки лазеров на парах меди со стабилизированными выходными характеристиками "Милан-5-01". Лит. - 2 назв., ил. - 3.

В.И.Воронов, Г.С.Евтушенко, А.Л.Егоров, Г.А.Карманов, В.Ф.Федоров,  
А.Г.Филонов (СКБ НИ "Оптика" СО АН СССР), В.Ф.Елаев, А.Н.Мальцев,  
А.Н.Солдатов, Н.А.Юдин (Ин-т оптики атмосферы СО АН СССР)

## ЛАЗЕР НА ПАРАХ МЕДИ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Импульсные лазеры на самоограниченных переходах в парах металлов являются наиболее эффективными источниками когерентного излучения в видимом диапазоне длин волн. Они сочетают в одном устройстве такие достоинства, как высокую импульсную и среднюю мощность генерации, малую длительность импульса излучения, высокий кпд, высокую частоту следования импульсов, малую расходимость и т.д.

В типичных лазерах на парах меди (ЛПМ), в которых используется принцип "саморазогрева" для создания свободных атомов рабочего металла, при изменении частоты следования импульсов изменяется вкладываемая в активный объем средняя мощность, что приводит к изменению температуры активной среды, а также, вследствие изменения межимпульсного периода, к изменению предимпульсных значений концентрации электронов и метастабильных атомов. Изменения предимпульсных параметров плазмы приводят в конечном итоге к изменению энергии генерации в импульсе, импульсной и средней мощности генерации.

С целью активного воздействия на параметры генерации было предложено реализовать в газоразрядной трубке (ГРТ) ЛПМ два импульсно-периодических разряда, задача одного из которых заключается в создании инверсной населенности, а второго - в направленном изменении параметров газоразрядной плазмы [1]. В этом случае параметры первого разряда могут быть оптимизированы по максимальной мощности генерации или максимальному кпд. Кроме того, оперативное управление параметрами возбуждения позволит регулировать параметры генерации в широких пределах. Регулируя энергию или временное расположение импульсов второго разряда, можно поддерживать оптимальную температуру активного объема ГРТ, а также изменять предимпульсные параметры плазмы, что важно для практического использования лазера.

Для практической реализации был использован способ возбуждения [2], когда одновременно формировались два импульса: возбуждения и подогрева. В этом случае, при изменении частоты следования импульсов импульс возбуждения оставался

постоянным, а импульс подогрева изменялся по амплитуде и длительности так, что суммарная средняя мощность, подводимая к ГРТ лазера оставалась неизменной. Стабилизация средней мощности генерации осуществляется за счет обратной связи и регулирования амплитуды импульса возбуждения.

Задающий генератор 10 (рис.1) вырабатывает импульсы рабочей частоты следования импульсов (5–15 кГц), которые поступают на блоки запуска 7 и 12, формирующие

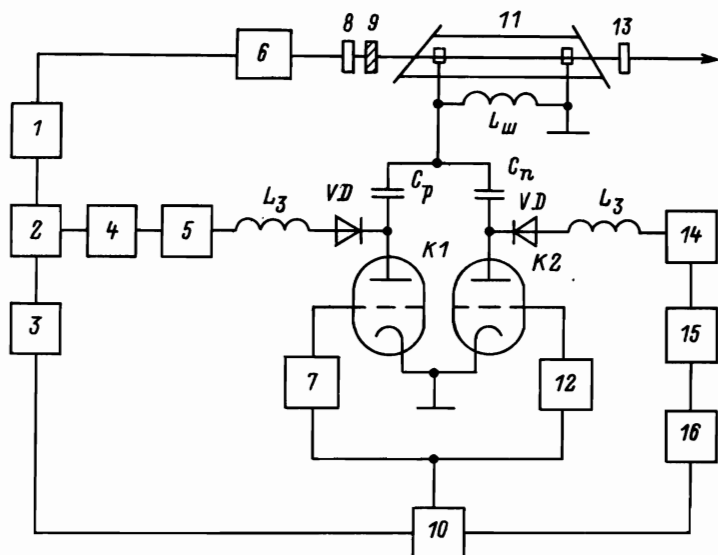


Рис.1. Блок-схема стабилизированного лазера

импульсы запуска для коммутаторов К1 и К2. При работе лазера с максимальной частотой следования импульсов лазер работает в режиме саморазогрева от одного источника возбуждения. В этом режиме лазер работает следующим образом. При подаче импульса запуска на коммутатор К1 рабочая емкость  $C_p$  (2–3 нФ) разряжается через газоразрядную трубку 11, что приводит к формированию импульсов, обеспечивающих разогрев рабочего объема до рабочей температуры, и возбуждению атомов. Генерация формируется в резонаторе, образованном зеркалами 9 и 13. Рабочая емкость резонансно заряжается от высоковольтного выпрямителя 5 через зарядную индуктивность  $L_3$ , диод  $VD$  и индуктивность  $L_ш$ . После разогрева активного объема ГРТ появляется генерация, и часть излучения ( $\approx 5\%$ ) проходит через диэлектрическое зеркало 9, ослабляется нейтральным фильтром 8 и попадает на фотоприемник 6. Электрический сигнал, пропорциональный мощности генерации, поступает на измеритель мощности 1. С помощью стабилизатора мощности 2 осуществляется сравнение напряжения на выходе измерителя и напряжения на датчике мощности 3, а сигнал рассогласования поступает на вход электронного регулятора 4, с помощью которого уменьшается напряжение высоковольтного выпрямителя, при повышении установленной мощности генерации. Таким образом, устанавливая с помощью датчика 3 уровень мощности, можно плавно регулировать мощность генерации лазера.

При получении одинаковой энергии импульсов генерации при изменении частоты следования импульсов существует пропорциональная связь между частотой задающего генератора и датчиком мощности. Так, например, если датчик мощности установлен на "три ватта", то на частоте 15 кГц средняя мощность лазерного излучения бу-

дет составлять 3 Вт, а при снижении частоты до 5 кГц пропорционально уменьшается напряжение датчика, а мощность генерации в этом случае будет равна 1 Вт. Так как со снижением частоты следования импульсов уменьшается мощность, вводимая в разряд от источника возбуждения, то, для компенсации мощности, необходимой для разогрева ГРТ, в работу вступает источник подогрева. Источник подогрева работает также как и источник возбуждения и управляется от задающего генератора 10 через схему управления подогревом 16, с помощью которой задается уровень подогрева ГРТ на минимальной частоте следования импульсов (5 кГц). С повышением частоты следования импульсов пропорционально уменьшается напряжение источника подогрева, и при частоте  $\approx 12$  кГц сводится до минимума. Для уменьшения влияния импульсов подогрева на генерационные характеристики лазера напряжение с высоковольтного выпрямителя 14 приблизительно в 2 раза меньше, чем с выпрямителя 15. Величина емкости источника подогрева  $C_{II}$  в несколько раз больше емкости  $C_p$  и подбирается при настройке лазера.

Конструктивно лазер на парах металлов состоит из 4-х блоков: лазерной головки, двух блоков высокого напряжения и блока управления.

Для повышения эффективности возбуждения в лазерной головке в непосредственной близости от ГРТ установлены тиратроны K1, K2 (см.рис.1), конденсаторы  $C_p$  и  $C_{II}$ , зарядные индуктивности  $L_3$ , диоды VD и шунтирующая индуктивность  $L_{ш}$ . Тиратроны, а также кожух газоразрядной трубки имеют жидкостное охлаждение.

Блоки высокого напряжения содержат в себе, соответственно, высоковольтные выпрямители 5 и 14, и электронные регуляторы 4 и 15.

Блок управления включает в себя два блока запуска 7 и 12, блок задающего генератора 10 и блок автоматики, содержащий фотоприемник 6, измеритель мощности 1, стабилизатор мощности 2, датчик мощности 3 и схему управления подогревом 16.

Оптическое излучение из лазерной головки к фотоприемнику передается с помощью световода.

Результаты испытаний энергетических и временных характеристик лазера приведены на рис.2. Измерение средней мощности излучения выполнено с помощью ИМО-2, временная развертка импульса генерации с помощью коаксиального фотоэлемента ФК-19 и осциллографа С7-10Б. Зависимости 1-3 снимались следующим образом. После часового саморазогрева ГРТ на высокой частоте (15,7 кГц) стабилизации средней мощности на этой частоте на уровне 5,0 Вт (по обеим линиям) произвели снижение по частоте до 5 кГц со скоростью 0,5 кГц/мин. Параметры возбуждения и нагрева приведены в таблице. Как можно заметить, в диапазоне 15-12 кГц данная ГРТ работает в режиме саморазогрева, на более низких частотах требуется дополнительный подогрев. При этом снижение мощности оказалось близким к линейному закону (кривая 1). Затем осуществлен подъем по частоте (кривая 2). И хотя подъем осуществлен медленнее (1 кГц/мин), наблюдается отклонение от линейного закона нарастания средней мощности. Отклонения от линейности вызваны недостаточным подогревом активной среды на частотах 9-11 кГц и незначительным перегревом на низких частотах (5-7 кГц).

Кривые 1 и 2 сняты для новой ГРТ. Кривая 3 снята для той же ГРТ, наработавшей 50 ч в течение 7 дней. Подъем по частоте произведен со скоростью 0,5 кГц/мин, после 5-часовой работы на частоте 5 кГц (параметры импульсов возбуждения и подогрева полностью соответствуют кривой 1). В пределах ошибок измерений получена линейная зависимость мощности генерации с увеличением частоты. Параллельно сняты

осциллограммы импульсов генерации. На низких частотах форма импульсов генерации имеет на обеих линиях сложный характер с типичной длительностью (по основанию) 50–60 нс и задержкой генерации желтой линии на 8–10 нс. С увеличением частоты длительность генерации сокращается до 30–40 нс, форма импульса упрощается.

Итак, стабильность мощности генерации с изменением частоты от 5 до 15 кГц соответствует требованиям ТЗ (на фиксированной частоте 7 кГц стабильность средней мощности составила 2,5 %, в течение 30 мин. На частоте 15 кГц получена средняя мощность (суммарная по обеим линиям) 5 Вт с плоскопараллельным резонатором и 3,55 Вт с неустойчивым.

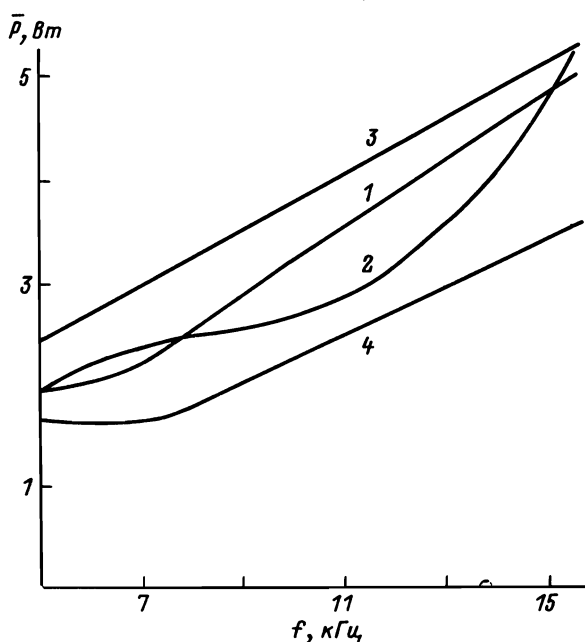


Рис.2. Зависимость мощности излучения Si-лазера от частоты следования импульсов (суммарная по двум линиям): 1–3 – плоскопараллельный резонатор; 4 – неустойчивый резонатор

Таблица

Энергетическая характеристика Si-лазера

$f$ , кГц	$U_B$ , кВ		$I_B$ , А	$I_H$ , А		$U_H$ , кВ	$\bar{P}$ , Вт
	возбуждение			нагрев			
15,7	4,00	0,250	0	0	0	5,00	
14,0	4,00	0,200	0	0	0	4,45	
13,0	4,30	0,200	0	0	0	4,15	
12,0	4,40	0,200	0,08	0	0	3,85	
11,0	4,60	0,180	0,10	0,40	0	3,60	
10,0	4,75	0,170	0,12	0,50	0	3,25	
9,0	4,85	0,150	0,13	0,70	0	2,90	
8,0	4,95	0,140	0,16	0,50	0	2,50	
7,0	5,00	0,125	0,18	0,70	0	2,20	
6,0	4,95	0,100	0,20	0,75	0	2,03	
5,0	4,60	0,100	0,22	1,00	0	2,05	
5,0	4,40	0,100	0,22	1,00	0	2,00	
6,0	4,50	0,100	0,20	0,80	0	2,20	
7,0	4,75	0,120	0,18	0,70	0	2,35	
8,0	4,80	0,140	0,16	0,50	0	2,50	
9,0	4,80	0,150	0,14	0,30	0	2,55	

Продолжение таблицы

$f$ , кГц	$U_D$ , кв	$I_D$ , А	$I_B$ , А	$U_H$ , кв	$\bar{P}$ , Вт
	возбуждение		нагрев		
10,0	4,75	0,165	0,11	0,20	2,65
11,0	4,70	0,180	0,10	0,20	2,80
12,0	4,60	0,200	0	0	3,15
13,0	4,50	0,220	0	0	3,55
14,0	4,40	0,230	0	0	4,00
15,7	4,30	0,250	0	0	5,35

$f$  - частота,  $U$  - напряжение на выпрямителе,  $I$  - средний ток,  
 $\bar{P}$  - средняя мощность генерации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Солдатов А.Н., Федоров В.Ф. // Квантовая электроника, 1983, Т.10, с.974.
2. А.с.1031394 СССР . Лазер на парах металлов/Воронов В.И., Солдатов А.Н., Федоров В.Ф. - Заявл.17.02.81, № 3250769. Оpubл.в Б.И., 1983, № 27.