

Лабораторные исследования возможности использования лазерных диодов для измерения концентрации взвешенных частиц

И. Подымов, Т. Подымова

Институт океанологии им. П.П.Ширшова РАН, Южное отделение 353467, Голубая бухта, Геленджик-7, РОССИЯ.

Тел: +7-86141-28182 Факс: +7-86141-28089 E-mail: podymov@coastdyn.ru tpodymova@inbox.ru

Введение

На протяжении последних десяти лет Южное отделение Института океанологии РАН использует оптические измерители концентрации взвешенных частиц (турбидиметры), источниками световой волны в которых являются сверхяркие светоизлучающие диоды со встроенным отражающим зеркалом и узкой диаграммой направленности (Подымов, 2003). В настоящее время изменились технологии и база электронных компонентов. Появился новый круг задач исследований, таких, например, как долговременные автономные измерения концентрации взвешенных наночастиц. Турбидиметр на основе светодиодных элементов перестал удовлетворять вновь возникшим требованиям по целому ряду причин: высокое энергопотребление, громоздкость электронной структуры, сложность настройки и юстировки оптических элементов.

Идея замены светодиодов на лазерные источники света возникла давно. Но мы не могли подступиться к решению этой задачи из-за того, что миниатюрные диодные лазеры очень чувствительны к изменению питающего напряжения. Незначительное превышение напряжения от допустимого вызывает лавинный процесс перегрева лазера и, практически, мгновенный выход его из строя за счет разрушения оптического резонатора. В процессе лабораторных экспериментов нам удалось решить эту задачу. Краткому рассмотрению того, как была решена проблема, посвящена презентация.

Лазерный турбидиметр

При разработке управляемого лазерного источника света для турбидиметра нужно было решить две основные проблемы:

- создать источник тока с предельно жесткой стабилизацией выходных параметров;
- осуществить модуляцию светового потока лазера в соответствии с требованиями построения оптических систем для измерения концентрации взвешенных частиц.

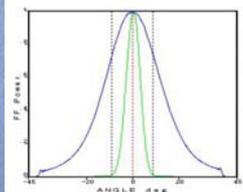
Для экспериментов был выбран лазерный диод OP-651 с мощностью непрерывного излучения 5мВт в спектральном диапазоне 650 нм, изготовленный на основе высокоэффективных InGaAlP квантоворазмерных гетероструктур. Диод выпускается в стандартном TO-18 (Ø 5.6 мм) корпусе со встроенным фотодиодом обратной связи и обладает высокой стабильностью мощности излучения в широком диапазоне рабочих температур. Диаграмма направленности светового излучения лазера OP-651 показана на рисунке. Согласно оценке изготовителя он является оптимальным источником излучения для устройств широкого потребления.

Стабилизатор тока построен на микросхеме ADP1110 с использованием встроенного в лазер фотодиода обратной связи. Принципиальная электрическая схема стабилизатора тока приведена на рисунке.

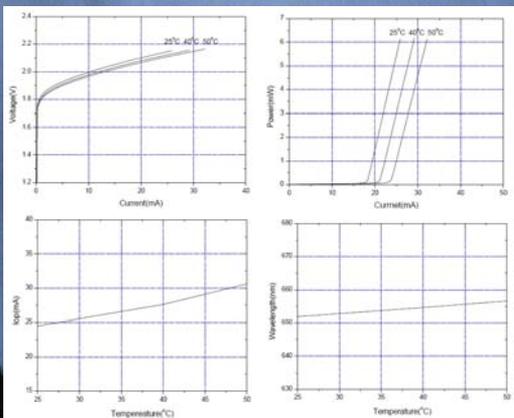
Следующий шаг – создание модулятора. Было найдено достаточно простое решение. Разработанный модулятор представляет собой автогенератор на транзисторах VT1-VT2 (см рисунок), нагрузкой которого является стабилизатор тока и лазерный диод. Стабилизатор тока и лазерный диод на схеме условно обозначены как LD. Частота генератора (частота модуляции) регулируется с помощью резистора R1. Поскольку внутреннее сопротивление электронного ключа имеет некоторую величину, напряжение питания U увеличено с 3,5 до 5 Вольт.



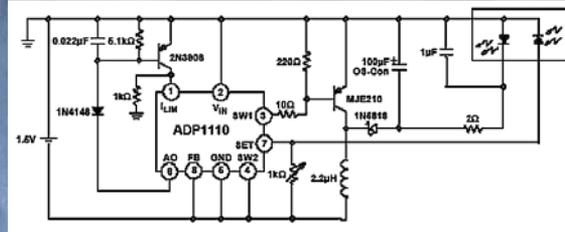
Лазерные диоды OP-651



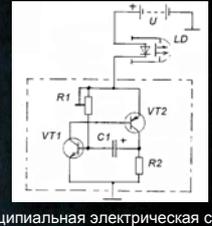
Распределение мощности светового излучения лазерного диода OP-651 в зависимости от угла к нормали от излучающей поверхности.



Графики некоторых основных характеристик лазеров OP-651



Принципиальная электрическая схема стабилизатора тока



Принципиальная электрическая схема узла формирования модулированного светового потока лазерного турбидиметра.

- Стабилизатор ADP1110 относится к семейству импульсных высокочастотных стабилизаторов напряжения. Они работают при малом входном напряжении питания (от 1В). Низкое входное напряжение позволяет применять ADP1110 в качестве единственного элемента первичного источника питания.
- ADP1110 разработан как для работы в режиме повышения напряжения, так и для режима понижения напряжения. При входном напряжении более 3В, ADP1111 работает большей эффективностью. Дополнительный усилитель служит детектором разряда батареи или регулятором выходных параметров.
- Ток покоя 300 мкА дает возможность применять ADP1110 для удаленного контроля или управления батареями питания.
- Рабочая частота 70 кГц допускает использование конденсаторов и дросселей поверхностного монтажа.
- Встроенная схема защиты батарей ограничивает обратный ток до безопасного уровня.

Генератор импульсов настроен на режим работы с большой скважностью (более 10). Сделано это с целью снижения энергопотребления. Последовательное включение генератора, нагрузки и источника питания существенно упрощает коммутационную схему, т.к. в этом случае на входе существует только два вывода: «+» и «-». Кроме того, работа в импульсном режиме с высокой скважностью - это увеличение ресурса работы оптических элементов и повышение надежности устройства в целом.

Высокая стабильность лазерных источников света позволила исключить из разрабатываемой структуры измерителя канал оптической отрицательной обратной связи. В результате проведенных исследований разработана блок-схема лазерного турбидиметра, которая стала проще по сравнению со схемой турбидиметра на основе светодиодных элементов.



Блок-схема турбидиметра на лазерном диоде.

Оптические и электрические характеристики (T=25°C):

Характеристики	Обознач.	Усл. теста	Мин.	Типич.	Макс.	Ед. измер.
Лазерный диод						
Выходная оптическая мощность	P _{out}	CW	-	-	5.0	мВт
Длина волны излучения	λ	P ₀ =5 мВт	645	650	660	нм
Пороговый ток	I _{th}	CW	-	19	25	мА
Рабочий ток	I _r	P ₀ =5 мВт	-	25	35	мА
Рабочее напряжение	U _r	P ₀ =5 мВт	-	2.2	2.5	В
Расходимость излучения	Θ _x x Θ _y	P ₀ =5 мВт	-	9 x 28	-	град
Модалая структура		P ₀ =5 мВт	-	SM	-	
Фотодиод обратной связи						
Управляющий фототок	I _{sp}	U _{sp} =5V, P ₀ =5 мВт	50	200	400	мА
Обратное напряжение	U _{sp}		-	5.0	-	В
Условия эксплуатации						
Диапазон рабочих температур	T _{op}		-10	-	+50	°C
Диапазон температур хранения	T _{st}		-40	-	+85	°C

Максимально допустимые значения:

Лазерный диод					
Мощность излучения	P _{max}	P ₀	-	-	7.0 мВт
Фотодиод обратной связи					
Обратное напряжение	U _{sp}	CW	-	-	30 В

Предварительные результаты

- Энергопотребление модуля измерения концентрации взвеси уменьшилось в 30 раз по сравнению с прототипом и составило 3,5 мА.
- Предварительно разработанная конструкция имеет в несколько раз меньшие габариты.
- Из конструкции убраны эластичные, легкоповреждаемые модули.
- Сокращено количество механических компонентов.
- Упрощена технология сборки и настройки устройства.
- Использование лазеров в оптических устройствах измерения концентрации взвешенных частиц позволит расширить область применения названных измерителей, например, для измерения повышенной концентрации глинистых фракций в составе взвешенных наночастиц.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных Исследований, проект 09-05-00132.

Литература

Подымов И.С. Турбидиметр. В книге «Динамические процессы береговой зоны моря». М. «Научный Мир», 2003, с.с. 15-27.