

УДК 621.375.826

В.Ю.Дмитриев (5 курс, каф. КЭ), В.А.Парфенов, к.т.н., доц.

Nd:LSB ЛАЗЕР ДЛЯ МИКРОТЕХНОЛОГИЙ

ABSTRACT: There are results of literature review on microlasers in this paper. It was considered the possibility of Nd:LSB laser using in microtechnology and elaborating scheme on this base.

Данная работа посвящена микролазерам. Этот тип лазеров появился сравнительно недавно. Поэтому в рамках настоящего доклада представлялось целесообразным остановиться на основных свойствах и возможностях микролазеров, а потом перейти к результатам выполненной работы по применению конкретного лазера для решения задач микротехнологии.

Первые работы по проблеме создания миниатюрных твердотельных лазеров появились в конце 1960-х, начале 1970-х. Изначально микролазеры разрабатывались для применения в военных целях. Основной задачей этих программ было создание дешевых, надежных устройств которые можно применять в высокоточных системах.

Микролазерами считаются как моноблочные чип-лазеры (активная среда и резонатор выполняются в виде кристаллического моноблока, имеющего форму многогранной призмы), так и микрочип-лазеры (активная среда и нелинейный кристалл выполняются в виде тонких пластинок, толщиной 0,5 – 2 мм) [1]. В более широком толковании этого термина сюда относят лазеры с размером резонатора в единицы сантиметров. Как правило, в качестве активной среды для твердотельных лазеров используются оксидные или фторидные кристаллы, такие как YAG, YAP, YLF, легированные редкоземельными ионами неодима, туллия, эрбия, иттербия. Накачка данных лазеров осуществляется полупроводниковыми лазерными диодами.

Хотя такие лазеры не дают возможность получать большие энергии, но обладают высокой когерентностью и позволяют успешно селективировать основные типы колебаний. Использование для накачки лазерных диодов с высокой энергетической эффективностью и большим сроком службы, аппаратная совместимость твердотельных лазеров такого типа с силовой и управляющей электроникой в сочетании с относительно невысокой стоимостью обеспечивают перспективность их широкого использования в научном, медицинском и промышленном приборостроении.

Схемотехника микролазеров позволяет создавать приборы, работающие в непрерывном и импульсном режиме, в том числе гигантского импульса, а также эталонные излучатели со стабилизацией частоты. Нельзя не отметить и возможность осуществления эффективных нелинейных преобразований частоты генерации.

Микролазеры, работающие в режиме модуляции добротности, могут генерировать импульсы с достаточно высокой пиковой мощностью (достигает 80 кВт [2]) и дифракционно ограниченным выходным пучком. Управление добротностью резонатора осуществляется с

помощью различных оптических затворов - электрооптических и основанных на явлении насыщения поглощения [3].

Длина резонатора для таких лазеров составляет величину порядка одного миллиметра. Это позволяет генерировать практически одночастотное излучение с длительностью импульса менее 1 нс. В настоящее время для микролазеров на кристаллах Nd:LSB удалось получить импульсы длительностью от 30 нс до 180 пс. Частота следования импульсов может меняться в пределах от 2 кГц до 7 МГц [2,4].

Одним из важнейших направлений в области улучшения характеристик лазеров является стабилизация частоты их излучения. Частотные флуктуации одночастотного Nd:YAG лазера обычно составляют несколько мегагерц и являются следствием, прежде всего, температурных изменений длины резонатора, акустического шума и механических вибрации [5]. Это ограничивает применения лазера в таких областях, как когерентная оптическая связь, прецизионная метрология и оптоволоконные сенсоры, где требуется хорошая кратковременная частотная стабильность.

Кардинально решить проблему стабилизации частоты позволяют активные методы автоподстройки частоты излучения по различным эталонам, реперам. В качестве реперов используют высокодобротные резонансы интерферометров, резонансы усиления активной среды, атомные и молекулярные резонансы поглощения [1].

Наиболее высокую стабильность частоты лазеров удается получать при использовании в качестве репера узких пиков насыщенного поглощения в доплеровски уширенных линиях поглощения газовых сред.

В плане практического применения рассмотренного типа лазеров, нас интересовала возможность их использования в микротехнологии, точнее коррекции характеристик микромеханических устройств размером 10-15 микрон путем испарения кремниевых деталей. Для решения поставленной задачи предложено использовать микролазер на базе активной среды типа Nd:LSB.

Такой лазер был собран. Для обеспечения его работы изготовлен источник питания лазера накачки (для 1 и 3-х ваттного лазеров), а также блок стабилизации температуры диода накачки. Лазер работал в режиме модуляции добротности пассивным затвором на основе АИГ:Сг⁴⁺ и внутррезонаторного удвоения частоты.

Были проведены измерения основных характеристик микролазера. Максимальная выходная мощность микролазера $P_{\text{вых.мах}}$ на длине волны 0,532 мкм составила 30 мВт (мощность 1 импульса $-P = 5$ кВт), частота следования импульсов $-f = 6$ кГц, длительность импульса $-\Delta t = 1$ нс, расходимость излучения микролазера $-\alpha = 0,008$ рад.

Согласно проведенным количественным оценкам с использованием такого излучения можно добиться плотности мощности, в указанных размерах площадки, $\sim 6,3 \times 10^9$ Вт/см². Продольный размер перегородки, который можно испарить с помощью одного импульса h , по оценкам составил 4 мкм. Таким образом, регулируя число импульсов можно плавно осуществлять требуемые технологические воздействия. Полученные характеристики лазера являются далеко не предельными для такого типа лазеров. Но и такие значения параметров лазера дают возможность успешного применения его для целей микротехнологии.

Была спроектирована установка для решения данной задачи, включающая в себя микролазер, микроскоп, защитный экран и телескоп для ввода излучения лазера в микроскоп.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Парфенов В.А. Оптический журнал, т. 69. №1, 2002.
2. В. Braun, F.X. Kartner, U. Keller, J.-P. Meun, G. Huber. Opt. Lett., 1996, v.21, n6, p.405-407.
3. В.И. Дудкин, Л.Н. Пахомов. Основы квантовой электроники. - СПб: издательство СПбГТУ, 1999 г.
4. Daniel Guillot. MicroLasers: short pulses, increase application // Photonics Spectra, 1998, n.2.

5. Fenf Zhou, A.I.Ferguson. Opt. Let., 1991, v.16, n.2, p.79-81.