

УДК 621.373

ВЫБОР МЕТОДА ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ДЛИНЫ ВОЛНЫ В Nd:YAG ЛАЗЕРЕ С ГЕНЕРАЦИЕЙ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ

Едигарев А.В. (Университет ИТМО), Коваль В.В. (Университет ИТМО), Балмашнов Р.В. (ООО «Лазеры и оптические системы»)

Научный руководитель – к.ф.-м.н., Ковалев А.В.
(Университет ИТМО)

В работе рассмотрены варианты реализации устройства переключения длины волны в Nd:YAG лазере с генерацией второй гармоники (ГВГ). Описаны основные методы переключения длины волны излучения, основанные на применении законов нелинейной оптики и на механическом воздействии на элементы устройства.

Введение. Для эффективного выполнения некоторых технологических операций применяются Nd:YAG лазеры с возможностью переключения длины волны выходного излучения между основной длиной волны (1064 нм) и длиной волны второй гармоники (532 нм). В частности, это необходимо для сварки разнородных металлов (например, алюминия и меди), удаления татуировок или лечения постакне.

В настоящей работе рассматриваются варианты реализации устройства переключения длины волны для лазеров с внерезонаторной ГВГ. Такое устройство может быть использовано с различными лазерами в качестве внешнего блока, а также с лазерами, построенными по модульному принципу.

Основная часть. Можно выделить две группы методов переключения длины волны излучения: нелинейно-оптические и механические.

Нелинейно-оптические

1. Регулировка эффективности преобразования во вторую гармонику с помощью изменения температуры кристалла-преобразователя

Для получения максимально возможной эффективности ГВГ в нелинейном кристалле требуется выполнение условия фазового синхронизма. При изменении температуры кристалла происходит изменение эллипсоида показателей преломления, что влияет на выполнение условия фазового синхронизма. Соответственно, можно подобрать такую температуру кристалла, при поддержании которой в нем выполняется условие фазового синхронизма. При изменении температуры условие фазового синхронизма перестает выполняться и эффективность ГВГ снижается.

Преимуществом представленного метода является простота реализации. К недостаткам стоит отнести продолжительное время температурной релаксации кристалла ГВГ, различие в геометрических характеристиках излучения на основной и второй гармониках (расходимость и диаметр пятна), значительная доля остаточного излучения (20 – 30%) на основной длине волны.

Эксперимент по ГВГ, проведенный с пикосекундным Nd:YAG лазером и кристаллом LBO длиной 7 мм со II типом фазового синхронизма, показал, что с помощью данного метода возможно регулировать эффективность ГВГ в диапазоне 5 – 60% при отстройке температуры кристалла на 8°C от температуры фазового синхронизма.

2. Изменение состояния поляризации падающего на кристалл ГВГ излучения с помощью электрооптического затвора

Для выполнения условия фазового синхронизма важным фактором является поляризация падающего излучения. Следовательно, изменением состояния поляризации на входе в нелинейный кристалл можно регулировать эффективность преобразования излучения во вторую гармонику. Изменения поляризации падающего на кристалл излучения можно добиться с помощью электрооптического затвора.

К преимуществам описанного метода можно отнести быстроту переключения, простоту управления затвором. Недостатками рассматриваемой схемы являются высокая стоимость используемого оборудования, ограничение по выходной мощности лазерного излучения на основной длине волны.

Механические

1. Извлечение кристалла ГВГ из тракта излучения 1064 нм с помощью моторизированной подвижки

Для переключения длины волны может быть реализована схема, в которой кристалл ГВГ с помощью подвижного механизма устанавливается в тракт излучения основной гармоники.

К преимуществам схемы можно отнести простоту принципа работы и реализации. Однако схема имеет ряд существенных недостатков: увеличенные габариты из-за использования моторизированных подвижек и драйверов для их управления; сложность точного позиционирования кристалла при установке обратно в тракт; большой процент остаточного излучения основной гармоники в излучении второй гармоники. Измерение зависимости эффективности преобразования от угла заклона кристалла LBO показало, что для обеспечения эффективности преобразования в диапазоне $60 \pm 1\%$, угловая точность установки кристалла должна составлять $\pm 0,15^\circ$ относительно синхронизма.

2. Использование двух трактов для 1064 и 532 нм и переключение между ними с помощью введения/выведения блока зеркал

В схеме с двумя трактами для излучения на основной длине волны и второй гармоники можно реализовать переключение длин волн с помощью подвижного блока зеркал. При внесении блока зеркал в схему излучение на основной длине волны после прохождения формирующей оптической системы (ФОС) выводится из лазера через выходное окно. В случае если подвижный блок зеркал выведен из схемы, то основное излучение падает на кристалл ГВГ, в котором происходит преобразование излучения основной гармоники во вторую гармонику. Затем излучение второй гармоники проходит ФОС и выводится из схемы. Непреобразованное во вторую гармонику излучение проходит через установленное за кристаллом ГВГ зеркало и попадает в поглотитель излучения.

Основным преимуществом схемы является полная селекция длин волн. Также схема достаточно проста в реализации и устойчива к угловым разбюстировкам т.к. в ней используется предварительно точно съюстированный блок из двух зеркал, установленный на моторизированной подвижке. Рассмотренная схема имеет следующие недостатки: увеличенные габариты оптической схемы из-за наличия двух отдельных трактов для пучков с разной длиной волны; необходимость наличия поглотителя в объеме лазера.

3. Извлечение фазовой пластины из тракта лазерного излучения

Как было сказано выше, переключение эффективности преобразования во вторую гармонику можно реализовать с помощью изменения поляризации падающего на кристалл излучения основной гармоники. В качестве элемента, изменяющего состояние поляризации, может использоваться фазовая пластина. Одним из вариантов реализации схемы является вращение фазовой пластины вдоль оптической оси моторизированной подвижкой.

К преимуществам описанного метода можно отнести простоту реализации. Недостатком рассматриваемой схемы является заметная доля основной гармоники в выходном излучении второй гармоники. Кроме того, фазовая пластина представляет собой достаточно хрупкий оптический элемент, поэтому при проектировании следует обратить внимание на крепление фазовой пластины

Выводы. В рамках настоящей работы были проанализированы схемы построения устройства переключения длины волны, а также рассмотрены их преимущества и недостатки. Наиболее подходящим вариантом является метод на основе блока зеркал и двух трактов для излучений основной и второй гармоник. Выбранный метод позволяет обеспечить полную селекцию длин волн, равные выходные характеристики излучений основной и второй гармоник, а также прост в реализации.

Едигарев А.В. (автор)

Подпись

Ковалев А.В. (научный руководитель)

Подпись