

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 35 odst. 1 zákona č. 84/1972 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

1986-9289

(19)
ČESKOSLOVENSKÁ
SOCIALISTICKÁ
REPUBLIKA

(22) Přihlášeno: **15.12.1986**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **09.01.1986**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1986 286070**

(33) Země priority: **DD**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **15.06.1988**
(Věstník č. 6/1988)

(51) Int. Cl.:

H 01 S 3/00

ÚŘAD PRO
VYNÁLEZY
A OBJEVY

(72) Původce:

Pöhler Manfred dr., Halle-Neustadt, DD

Staupendahl Gisbert dr., Halle, DD

Wittig Richard, Halle, DD

(54) Název přihlášky vynálezu:

Zařízení pro selektivní modulaci intenzity a získávání impulsů záření určité délky vln vysokovýkonných CO-laserů

CS 1986-9289

ORIGINÁL DOKUMENTU JE V RUSKÉM JAZYCE.

Название изобретения

Способ управления внутренней обратной связью и подавления внешней обратной связи мощного CO_2 -лазера

Область применения изобретения

Изобретение касается способа управления внутренней обратной связью и подавления внешней обратной связи мощного CO_2 -лазера, который позволяет производить обработку материалов, требующую высокой плотности энергии в месте обработки, как, например, при резании, сварке и гравировании или снятии определенного слоя материала, особенно при обработке металлов с высоким коэффициентом отражения лазерных лучей, напр., алюминия и меди.

Характеристика известных технических решений

Многочисленные случаи применения излучения CO_2 -лазеров требуют плотностей мощности, которые даже при оптимальном фокусировании могут быть достигнуты только при мощностях излучения, лежащих в пределах многих кВт. Для достижения таких мощностей в названных случаях используются CO_2 -лазеры, работающие в импульсном режиме. Наряду с генерированием достаточной импульсной мощности стремятся к максимальному преобразованию потенциально имеющийся в распоряжении средней мощности соответствующего лазера в импульс излучения.

При этом должны быть решены две проблемы: во-первых, само генерирование лазерных импульсов и, во-вторых, появляющееся в названных выше случаях применения очень сильное и в большинстве случаев возмущающе действующее на лазерный резонатор отраженное от поверхности обрабатываемого изделия лазерное излучение, называемое в дальнейшем внешней обратной связью. Влияние этой связи, особенно на оптимальный ввод энергии лазерного излучения в обрабатываемое изделие должно в настоящее время еще приниматься во внимание, т.к. современный уровень техники еще не знает приемлемых способов ее устранения.

Для генерирования импульсов высокой мощности CO_2 -лазера известны многочисленные технические решения. Наряду с такими возможностями, как использование CO_2 -лазера высокого давления с возбуждением поперечным полем (ТЕА-лазер), электрическое возбуждение импульсов газового разряда CO_2 -лазера или пассивная модуляция добротности посредством специальных абсорбирующих газов и активная модуляция добротности с помощью вращающегося зеркала или вращающейся призмы, в устройствах для обработки материалов, требующих прежде всего высокого значения средней лазерной мощности, представляет особый интерес генерирование лазерных импульсов посредством интерферометра Фабри-Перо (ИФП) с перестраиваемым пропусканием в качестве элемента вывода излучения (сравни DE-OS 222 39 45, GB-PS 12 48 405, US-PS 366 0 777).

При использовании этого способа обратная связь играет решающую роль. Во-первых, для генерирования желаемых импульсов лазерного излучения должна иметься возможность управления с помощью интерферометра Фабри-Перо "внутренней", т.е. возникающей между обоими выходными зеркалами резонатора обратной связью, и, во-вторых, преимущество этого способа, выражающееся в том, что выходные зеркала резонатора остаются всегда в юстированном положении, компенсирует тот

недостаток, что система лазер-обрабатываемое изделие особенно чувствительна к осцилляциям излучения, возникающим под действием внешней обратной связи. Для CO_2 -лазеров с очень высоким усилением активной среды не существует до сих пор способов, позволяющих решить как проблему внешней обратной связи, так и проблему, состоящую в том, чтобы при геометрически правильно юстированном резонаторе генерировать лазерные импульсы только посредством изменения величины вывода, т.е. реализовать экстремально слабую внутреннюю обратную связь.

Цель изобретения

Целью изобретения является разработка способа для управления внутренней обратной связью и для подавления внешней обратной связи мощного CO_2 -лазера, во-первых, для генерирования лазерных импульсов при максимальном использовании потенциально имеющейся в распоряжении, накапливаемой в активной среде энергии, гарантирующего эффективное соотношение массы лазера к его мощности, высокую производительность и, следовательно, относительно низкие затраты при обработке материалов, требующей высокой плотности мощности в месте обработки, как, например, при резании, сварке и гравировании или снятии определенного слоя материала, особенно при обработке металлов с высоким коэффициентом отражения лазерных лучей и, во-вторых, для обеспечения оптимального ввода лазерного излучения в обрабатываемое изделие, благодаря чему может быть достигнута высокая точность и качество обработки.

Изложение сущности изобретения

В основу изобретения положена задача разработки способа для управления внутренней обратной связью и подавления

внешней обратной связи мощных CO_2 -лазеров, позволяющего генерировать импульсы высокой мощности при максимальном преобразовании потенциально имеющейся в распоряжении, накапливаемой в активной лазерной среде энергии и обеспечивающего оптимальное использование этих импульсов для обработки материалов.

Поставленная задача решается согласно изобретению следующим образом.

Резонатор CO_2 -лазера состоит из:

- первого выводного зеркала резонатора с постоянной отражательной способностью R_1 ;
- частотно-селективного элемента;
- лазерной газоразрядной трубки с узкой угловой селективностью;
- специального элемента из материала, пропускающего лазерное излучение, который применяется в качестве второго выходного зеркала с переменной отражательной способностью R_2 , и основу которого составляет интерферометр Фабри-Перо с быстро изменяемой оптической длиной пути, в котором соотношение пропускаемой и отраженной частей падающего излучения, т.е. отражательная способность R_2 может изменяться в интервале $0 \leq R_2 \leq R_{\max}$ посредством соответствующих управляющих сигналов, причем значения R_2 являются функцией длины волны λ .

Если CO_2 -лазер высокой мощности вынужден работать с помощью частотно-селективного элемента на определенной, оптимальной для получения высокой выходной мощности длине волны $\lambda = 10,59$ мкм, и одномодовый режим с поперечным возбуждением (TEM_{00}) реализуется посредством лазерной газоразрядной трубки с угловой селективностью,

в месте установки интерферометра Фабри-Перо создается плоское монохроматическое поле, которое в зависимости от установленного значения R_2 в более или менее сильной степени воздействует в виде обратной связи на лазер. Если понизить R_2 до нуля, то при переходе рабочего порога лазера R_s его мощность также снижается до нуля, если же повысить R_2 до значения выше R_s , лазер начинает снова генерировать, т.е. посредством управления "внутренней" обратной связью можно активно модулировать добротность представленного резонатора.

В предлагаемом устройстве для получения импульсов высокой мощности CO_2 -лазера большое усиление активной среды может стать значительной проблемой для функционирования способа. Если описанный выше интерферометр действует в качестве элемента вывода лазера с переменной величиной вывода, тогда другое выходное зеркало резонатора согласно обычному принципу конструкции CO_2 -лазера, используемого для обработки материалов, должно быть полностью отражающим, т.е. $R = 1$. При таких условиях, однако, встречаются следующие трудности. Во-первых, CO_2 -лазер с непрерывной выходной мощностью, напр., 400 Вт возбуждается уже при нескольких процентах обратной связи от элемента вывода, т.е. при приемлемых затратах на юстировку является чрезвычайно сложным привести такое устройство в состояние ниже порога срабатывания, что в свою очередь значительно осложняет получение импульсов очень высокой мощности. Сложность проблемы юстировки заключается в том, что элемент вывода Фабри-Перо должен обладать отражательной способностью меньше 1 %. Вторая трудность обусловлена отраженным от изделия и попадающим обратно в лазерный резонатор лазерным излучением. Даже, если мощность этого излучения составляет лишь несколько процентов выходной мощности лазера, система может возбудиться при полностью прозрачном элементе вывода лазера, т.е. возникает "внешняя" обратная связь.

Тогда резонатор посредством 100 %-ного зеркала образовался бы на одной стороне, а изделие или плазма в фокусе — на другой; импульсный режим в желаемом смысле оказался бы полностью невозможным.

Названные проблемы решаются согласно изобретению таким способом, что значение отражательной способности выбирается не равным 1, а значительно меньше, что означает, во-первых, это частично-отражающее зеркало должно состоять из прозрачного материала и, во-вторых, на обоих выходах резонатора должен осуществляться вывод излучения, которое может быть использовано. Если требуется получить один рабочий луч, потери которого из-за в принципе нежелательного "побочного" луча по возможности малы, значение должно быть отрицательно, если, например, требуется, чтобы был осуществлен вывод основной части лазерного излучения выходным зеркалом резонатора с постоянной отражательной способностью R_1 . Для пригодного к использованию интерферометра значение R_2 может изменяться в интервале $0 \leq R_2 \leq 0,9$. R_1 выбирается согласно изобретению как можно меньшим, но по меньшей мере такой величины, чтобы обеспечить стабильность работы лазера, если значение R_2 достаточно велико, преимущественно больше 0,5. Благодаря соответствующему выбору R_1 , во-первых, могут быть уменьшены общие потери резонатора, так что порог возбуждения лазера лежит в полностью безопасном для юстировки интерферометра диапазоне, напр., при $R_2 \cong 0,5$; во-вторых, потери мощности, возникающие из-за отвода второго, более слабого луча через интерферометр, снижаются до минимума и, в-третьих, достигается то, что весь резонатор в состоянии высоких общих потерь с $R_2 \cong 0$, т.е. в выключенном состоянии, из-за малого значения R_1 включен практически на полное пропускание,

так что эффект обратной связи отраженного от обрабатываемого изделия излучения сведен до минимума, т.е. возбуждение лазера отраженным излучением в этом состоянии становится невозможным.

Обобщая вышеизложенное, способ согласно изобретению отличается тем, что частотно-селективный элемент устанавливается сначала на произвольную, но постоянную длину волны, и затем рабочий цикл лазера протекает так, что сначала R_2 устанавливается как можно меньшей, преимущественно уменьшается до нуля, так что из-за описанного выше выбора значения R_1 как внутренняя, так и внешняя обратная связь уменьшается настолько, что лазер перестает генерировать импульсы.

В следующем шагу способа переменная отражательная способность R_2 возрастает скачкообразно до такой величины, что преимущественно при $R_2 > 0,5$ внутренняя обратная связь в сочетании с постоянной отражательной способностью R_1 становится достаточной для того, чтобы превысить порог возбуждения лазера и перевести его в состояние полной работоспособности, так чтобы на обоих выходах резонатора генерировалось лазерное излучение.

И, наконец, последний шаг способа заключается в том, что посредством скачкообразного понижения R_2 (преимущественно почти до нуля) во-первых, опять прерывается нормальное функционирование лазера и, во-вторых, под воздействием внешней обратной связи подавляются паразитные осцилляции излучения, т.е. лазер переходит в исходное состояние, и описанные шаги могут быть повторены при учете процесса накачки или созданной инверсии населенностей.

Высокая эффективность способа согласно изобретению позволяет использовать все имеющиеся потенциальные возможности мощных CO_2 -лазеров для получения импульсов излучения чрезвычайно высокой мощности.

Известно, что благодаря импульсной подаче энергии накачки CO_2 -лазеров высокой мощности уменьшается термическая нагрузка газовой смеси лазера, и тем самым могут быть получены импульсы излучения, пиковая мощность которых во много раз превышает мощность лазера, работающего при непрерывной подаче тока. Этот факт может быть использован в мощных CO_2 -лазерах следующим образом. В то время, как генерирование лазерного излучения прерывается посредством специального интерферометра (т.е. $R_2 < R_s$) активная среда лазера приводится импульсом тока в состояние максимальной инверсии населенностей. В этот момент общие потери лазера посредством специального интерферометра скачкообразно снижаются до такой степени, что лазер переходит свой порог и излучает импульсы максимально высокой мощности. Максимальная частота импульсов тока составляет около 2,5 кГц. Т.к. специальный интерферометр работает также на этой частоте, в этом диапазоне описанным способом могут быть получены импульсы, мощность которых в несколько сот раз превышает среднюю мощность лазера. Важным при этом является реализация точно определенной временной задержки между импульсом накачки высокого напряжения и управляющим импульсом специального интерферометра с помощью специального электронного блока. Благодаря этому обеспечивается то, что R_2 превышает порог R_s точно в тот момент, когда посредством импульса накачки достигнута максимальная инверсия населенностей.

Пример осуществления изобретения

Изобретение объясняется подробнее с помощью следующего примера его осуществления.

Фиг. I иллюстрирует применение способа для лазерной обработки материалов. Лазерная газоразрядная трубка (1) с узкой угловой селективностью, преимущественно специальная газоразрядная трубка согласно DD-WP 134 415, и частотно-селективный элемент (2) способствуют тому, что лазер при соответствующей конфигурации резонатора, в особенности при соответствующем согласовании внутреннего диаметра газоразрядной трубки (1) и радиуса кривизны выходного зеркала резонатора (3) с постоянной отражательной способностью R_1 работает в режиме TEM_{00} . В месте установки специального интерферометра (4) создается требуемое плоское монохроматическое волновое поле. Специальный интерферометр образован преимущественно модулятором согласно DD-WP 234 208. Модуляция мощности лазерного излучения осуществляется вышеописанным способом посредством изменения отражательной способности R_2 этого модулятора с помощью электрических управляющих сигналов, генерируемых блоком питания (5). Как уже описано выше, из лазера выходят два луча: относительно сильный лазерный луч (8) и относительно слабый луч (9). Оба луча могут быть использованы в рабочем процессе. В представленном на фиг. I примере обработка материала производится рабочим лучом (8), который фокусируется на изделие (12) с помощью линзы (10). Излучение (11), eventualmente отраженное обратно в лазер, как уже описано выше, не оказывает влияния на работу устройства.

Подача энергии для газового разряда осуществляется устройством питания (6) газоразрядной трубки, обеспечивающим подачу

импульсной энергии накачки. Необходимая для этого синхронизация между импульсами накачки и управляющими импульсами, генерируемыми устройством питания (5) для специального интерферометра (4), осуществляется с помощью электронного блока (7).

Формула изобретения

Способ управления внутренней обратной связью и подавления внешней обратной связи мощного CO_2 -лазера, состоящего из первого выходного зеркала резонатора с постоянной отражательной способностью R_1 , второго выходного зеркала резонатора с переменной отражательной способностью R_2 , частотно-селективного элемента и газоразрядной трубки с узкой угловой селективностью, отличающийся тем, что частотно-селективный элемент устанавливается на произвольную, но постоянную длину волны лазерного излучения, и затем рабочий цикл лазера протекает так, что сначала переменная отражательная способность R_2 устанавливается как можно меньшей, преимущественно уменьшается до нуля, причем постоянная отражательная способность R_1 выбирается также как можно малой, но по меньшей мере такой величины, что при значениях R_2 больших 0,5 лазер превышает порог своего возбуждения и переходит в состояние полной работоспособности, затем переменная отражательная способность R_2 возрастает скачкообразно до величины больше 0,5, так, что на обоих выходах резонатора генерируется лазерное излучение, после чего R_2 опять снижается почти до нуля.

См. фиг. 1 и фиг. 2

Аннотация

Способ управления внутренней обратной связью и подавления внешней обратной связи мощного CO_2 -лазера

Изобретение касается способа для управления внутренней обратной связью и для подавления внешней обратной связи мощного CO_2 -лазера, в частности, для использования в различных установках для обработки материалов.

Цель изобретения заключается в разработке способа, который, во-первых, при максимальном использовании потенциально имеющейся в распоряжении, накапливаемой в лазерной среде энергии позволяет генерировать импульсы излучения, используемые для обработки материалов, требующей высокой плотности энергии в месте обработки, и, во-вторых, благодаря оптимальному вводу энергии лазерного луча в обрабатываемое изделие гарантирует высокие точность и качество обработки. Согласно изобретению задача решается посредством выполнения последовательности операций способа, который может быть осуществлен с помощью специальной конфигурации резонатора, состоящего из выходного зеркала с постоянной относительно низкой отражательной способностью, выходного зеркала с быстро изменяющейся отражательной способностью, газоразрядной трубки с узкой угловой селективностью и частотно-селективного элемента, и который позволяет генерирование лазерных импульсов с экстремально высокой пиковой мощностью.

Список используемых ссылочных обозначений

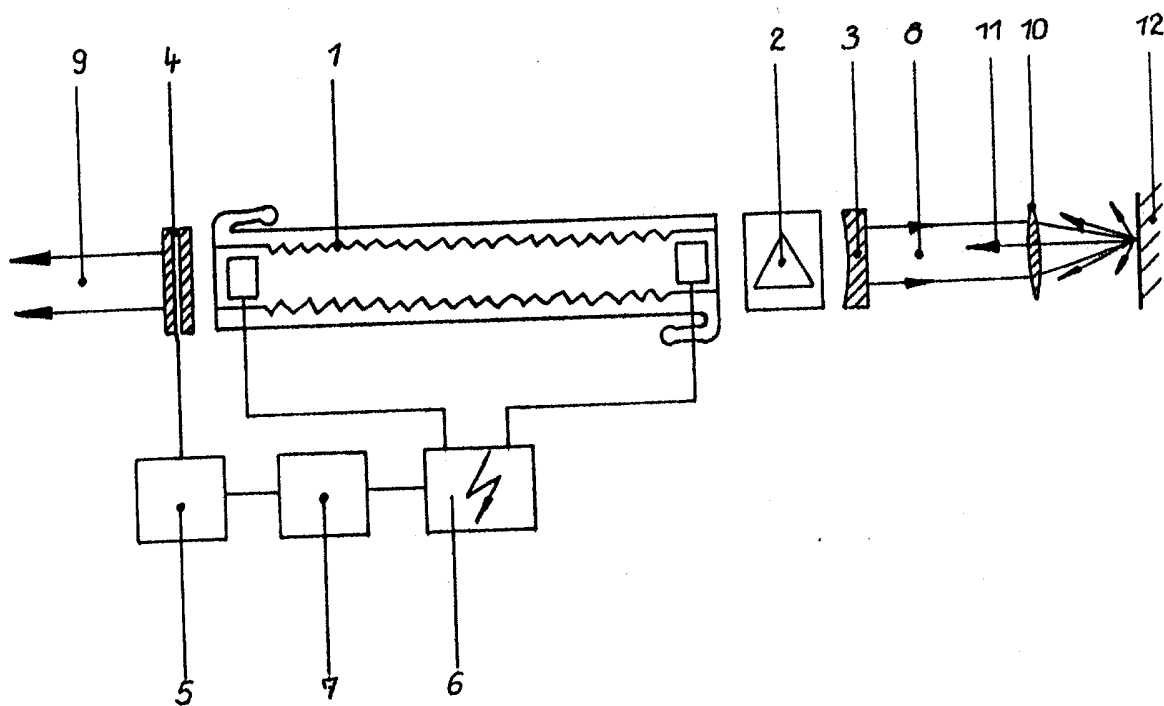
- I Специальная газоразрядная трубка
- 2 Частотно-селективный элемент
- 3 Резонаторное зеркало с постоянной отражательной способностью R_1
- 4 Специальный интерферометр с переменной отражательной способностью R_2
- 5 Электрический блок питания для специального интерферометра
- 6 Блок питания газоразрядной трубки
- 7 Электронный блок для синхронизации импульсов накачки газоразрядной трубки и управляющих импульсов специального интерферометра
- 8 Главный луч
- 9 Побочный луч
- 10 Фокусирующая линза
- 11 Отраженный пучок излучения
- 12 Изделие
- 13 Ось резонатора
- 14 Излучение внутри резонатора
- 15 Перпендикуляр падения
- 16 Система отражательной оптики /устанавливается выборочно/
- 17 Часть излучения, отраженная обратно в резонатор
- 18 Не имеющая покрытия грань зеркальной призмы
- 19 Зеркальная призма
- 20 Лазерный луч внутри призмы
- 21 Внешняя грань зеркальной призмы
- 22 Рабочий луч

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

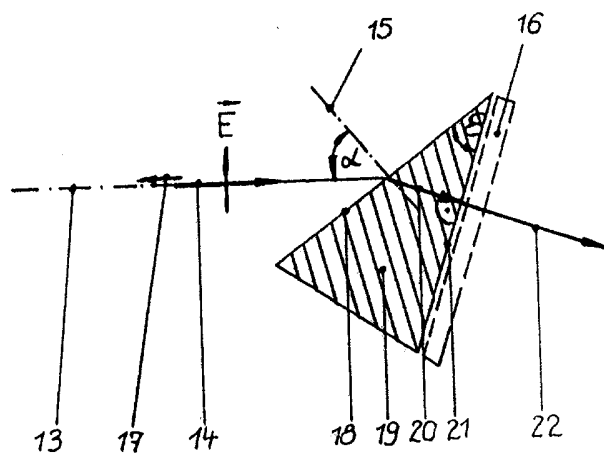
Způsob řízení vnitřní zpětné vazby a přivádění vnější zpětné vazby výkonného CO_2 -laseru, skládajícího se z prvního výstupního zrcadla rezonátoru s konstantní odražecí schopností R_1 , druhého výstupního zrcadla rezonátoru s proměnnou odražecí schopností R_2 , frekvenčně-selekčního prvku a výbojky s úzkou úhlovou selektivitou, s e v y z n a č u - j e t í m, že frekvenčně-selektivní prvek se nastavuje na libovolnou, ale konstantní vlnovou délku laserového záření a tím pracovní cyklus laseru probíhá tak, že nejprve proměnná odražecí schopnost R_2 se nastavuje co nejmenší, především se snižuje na nulu, při čemž konstantní odražecí schopnost R_1 se volí pokud možno malá, ale takové hodnoty, aby při hodnotách R_2 větších o 0,5 laser překračoval práh vlastního buzení a přecházel do stavu plné provozuschopnosti, potom proměnná odražecí odražažecí schopnost R_2 vzrůstá skokem na hodnotu větší než 0,5 tak, že na obou výstupech rezonátoru se generuje laserové záření, po čemž R_2 opět klesá až do nuly.

9289-86

9289-86



Figur - 1-



Figur - 2-