

УДК 535:621.375

ЛАЗЕРНЫЙ ИЗЛУЧАТЕЛЬ НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА Nd:YAG С ПОПЕРЕЧНОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ И ПАССИВНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Орехов К.А., Кулешов Н.В.

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

Существующие на данный момент лазерные излучатели для дальнометрических систем, работающие без охлаждения, обладают рядом недостатком: низкая энергия выходного излучения, высокая расходимость, и значительные габаритные размеры. Все это накладывает ряд ограничений на дальность и точность измерения, а также возможность использования в приборах с габаритным ограничением.

В рамках исследования произведено теоретическое и экспериментальное моделирование лазерного излучателя с диодной накачкой, работающего без системы охлаждения как активного элемента, так и системы накачки, обеспечивающего расходимость на уровне дифракционной при энергии в импульсе 190 мДж и длительности импульса 4-8 нс. В системе задается лишь стартовая температура базовой поверхности излучателя, полный цикл работы 8 минут при частоте следования импульсов 2 Гц. Лазерный излучатель построен по схеме с перестраиваемым квазителескопическим резонатором. Резонатор образован плоским выходным зеркалом, вогнутым глухим зеркалом и отрицательной плоско-вогнутой линзой. Линза предназначена для перестройки резонатора на границу устойчивости, что обеспечивает минимальную расходимость на выходе резонатора (рисунок 1).

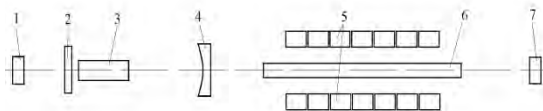


Рисунок 1 – Схема резонатора:

1 – глухое зеркало; 2 – четвертьволновая пластинка; 3 – электрооптический затвор; 4 – рассеивающая линза; 5 – матрицы лазерных диодов; 6 – активный элемент; 7 – выходное зеркало

На рисунке 2 приведена теоретическая зависимость размера перетяжки внутри резонатора в зависимости от радиуса глухого зеркала и фокусного расстояния внутрирезонаторной линзы. Кроме того продольное перемещение линзы обеспечивает согласование размера нулевой моды резонатора с диаметром активного элемента.

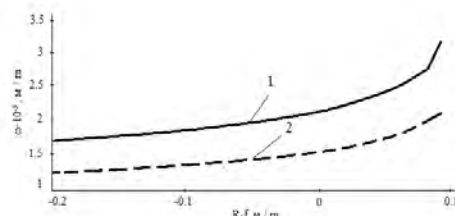


Рисунок 2 – Зависимость радиуса моды внутри резонатора от разности радиуса кривизны глухого зеркала и фокусного расстояния внутрирезонаторной линзы:

1 – $R = 10$ м; 2 – $R = 5$ м

В качестве глухого выбрано зеркало с радиусом кривизны 10 м и коэффициентом отражения 99.95 %, фокусное расстояние отрицательной линзы составляет 10 м, коэффициент отражения выходного зеркала 25 %. В качестве активного элемента использовался кристалл Nd:YAG диаметром 5 мм и длиной 100 мм.

Второй задачей при построении излучателя является разработка системы накачки (квантрон) с высоким кпд оптического преобразования, и равномерным распределением поглощения энергии накачки внутри активного элемента. Квантрон должен обладать высокой теплоемкостью, чтобы обеспечивать стабильную работу в течение всего рабочего цикла. С этой целью было проведено теоретическое моделирование одно-сторонней, двусторонней и трехсторонней систем накачки. В качестве оптимальной выбрана схема трехсторонней накачки с тремя клиновидными концентраторами с золотым напылением (рисунок 3).

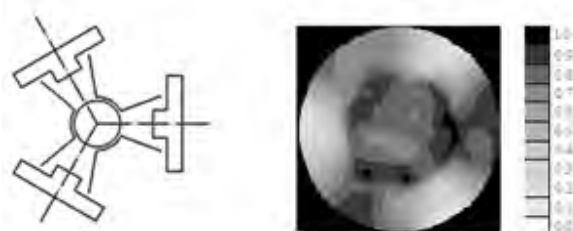


Рисунок 3 – Распределение поглощенной энергии накачки в активном элементе при трехсторонней системе накачки с клиновидными концентраторами

На основании модели, разработан квантрон. В качестве элементов накачки использовались матрицы лазерных диодов в количестве 21, каждая мощностью 500 Вт. Компоновка матриц по спектральным характеристикам производилась в случайном порядке, разброс центральной волны излучения матриц 806-809 нм. В качестве материала корпуса квантрона использовался дюраль. Крепление активного элемента в квантроне осуществляется посредством клея Эласил в центральной его части. Клей выполняет как функцию крепления активного элемента, так и функцию теплопереноса. Моделирование в программной среде ANSYS показало, что за полный рабочий цикл при таком типе крепления активного элемента, его нагрев не превысит 15⁰C [1].

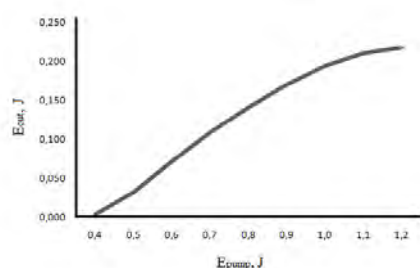


Рисунок 4 – Зависимости выходной энергии лазера от энергии накачки в режиме моноимпульса

На базе теоретической модели разработана экспериментальная модель лазерного излучателя. В качестве модулятора добротности использовался кристалл DKDP с пропусканием 92%. На

рисунке 4 приведена экспериментальная зависимость энергии на выходе лазерного излучателя от накачки в режиме активной модуляции добротности.

При энергии накачки в 0.93 Дж энергия на выходе излучателя составила 195 мДж при длительности импульса 6.6 нс. Расходимость на выходе излучателя не превысила 0.7 мрад. Дальнейший рост энергии накачки приводит к минимальному увеличению выходной энергии и росту расходимости излучения. При стартовой температуре 18⁰C за полный рабочий цикл в 8 минут изменение расходимости не наблюдается. При температуре запуска в 20⁰C наблюдается рост расходимости в пределах 0.08 мрад, при температуре запуска 23⁰C наблюдается значительный рост расходимости и изменения модового состава в течении цикла работы, что связано со смещением спектра излучения матриц и перераспределением поглощенной энергии накачки внутри активного элемента. Оптимальной с точки зрения стабильности параметров излучения является работа матриц накачки с пиком излучения в пределах 804-806 нм, так как, с учетом ширины спектра излучения 2.5 нм, эффективный коэффициент поглощения энергии накачки изменяется в пределах 10%.

1. Орехов К.А. Моделирование лазерного излучателя на основе Nd:YAG с пассивным охлаждением для измерения расстояний. – Приборы и методы измерений. 2016. – Т. 7, № 1. – С. 50-57

УДК 681.2.08

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛА ОТ ПОТЕНЦИАЛА КОМПЕНСАЦИИ В МЕТОДЕ КЕЛЬВИНА–ЗИСМАНА

Пантелеев К.В., Свистун А.И., Жарин А.Л.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Динамический конденсатор Кельвина–Зисмана широко применяется в устройствах различного назначения: сканирующие зонды Кельвина (*Scanning Kelvin Probe*), устройства контроля поверхности при различных воздействиях (механическая обработка, трение, температура, адсорбция/десорбция и т.д.), датчики газов и жидкостей и др. Принципы их построения достаточно хорошо проработаны. Однако остаются и недостатки. К их числу относятся: высокая предельная погрешность, длительное время одного измерения и низкая чувствительность.

В методе Кельвина–Зисмана поверхности эталонного и измеряемого образца образуют конденсатор, между которыми измеряют контакт-

ную разность потенциалов (КРП). Одна из обкладок (как правило, эталонная) колеблется под действием электромеханического вибратора. Вследствие различия работ выхода электрона материалов обкладок конденсатора, он будет иметь заряд пропорциональный КРП:

$$Q = C \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{e} = CU_{\text{КРП}}, \quad (1)$$

где: C – электрическая емкость конденсатора, φ_1 и φ_2 – работа выхода электрона поверхностей эталонного и измеряемого образца, соответственно, e – заряд электрона, $U_{\text{КРП}}$ – КРП.

Периодические изменения емкости создают переменный ток в цепи динамического конденсатора: