

УДК 621.373:535

ПОЛЯРИЗАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АДАПТИВНОГО ПЕТЛЕВОГО РЕЗОНАТОРА

Г. А. Буфетова, И. В. Климов, Д. А. Николаев, В. Ф. Серегин, В. Б. Цветков,
И. А. Щербаков

Экспериментально исследованы степень поляризации выходного излучения и относительные изменения выходных энергетических параметров Nd:YAG лазера с адаптивным петлевым резонатором в случае ЧВВ-перераспределения внутрирезонаторных пучков под углами, близкими к углу Брюстера. Показано, что степень поляризации выходного излучения может быть достаточно высокой даже при наличии сильной деполяризации внутрирезонаторного излучения.

В работах [1 – 3] предложена схема адаптивного петлевого резонатора (АПР) для Nd:YAlO₃ лазера и показано, что влияние внутрирезонаторного ОВФ-ЧВВ может приводить к существенному улучшению энергетических и пространственных выходных лазерных параметров. В этих работах рассеяние внутрирезонаторных пучков на создаваемых ими динамических голографических решетках осуществлялось под малыми и большими углами. Вместе с тем, отдельный интерес представляет использование рассеяния под углами, близкими к углу Брюстера. В этом случае для двух взаимно ортогональных поляризаций излучения могут быть созданы различные генерационные условия, что в свою очередь должно обуславливать поляризационные свойства АПР и возможность получения линейно поляризованного выходного излучения лазеров на основе пространственно-изотропных активных сред без использования дополнительных селекторов поляризации. В настоящей работе экспериментально исследовались степень поляризации выходного излучения, относительные порог и КПД генерации Nd:YAG лазера с АПР в зависимости от степени деполяризации внутрирезонаторного излучения.

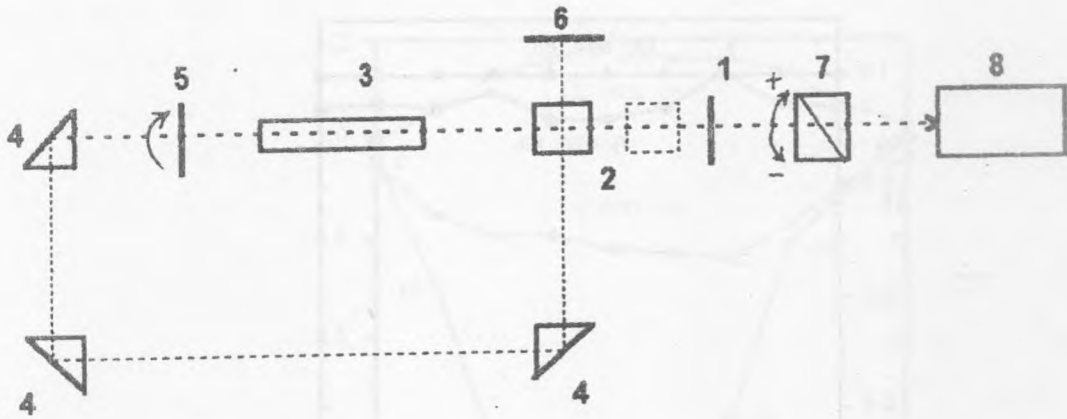


Рис. 1. Оптическая схема экспериментальной установки.

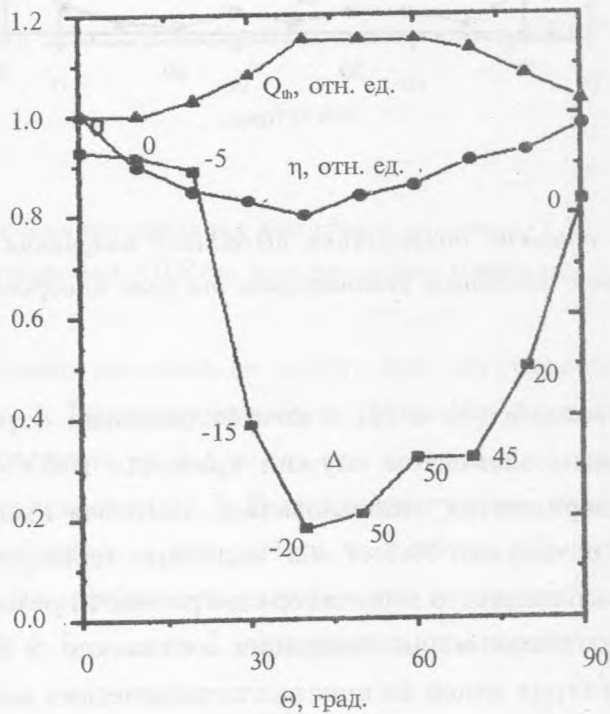


Рис. 2. Зависимости степени поляризации выходного излучения (Δ), КПД (η) и порога генерации ($Q_{пор}$) лазера с призмным АПР от угла поворота пластины $\lambda/4$ внутри резонатора.

Оптическая схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Резонатор

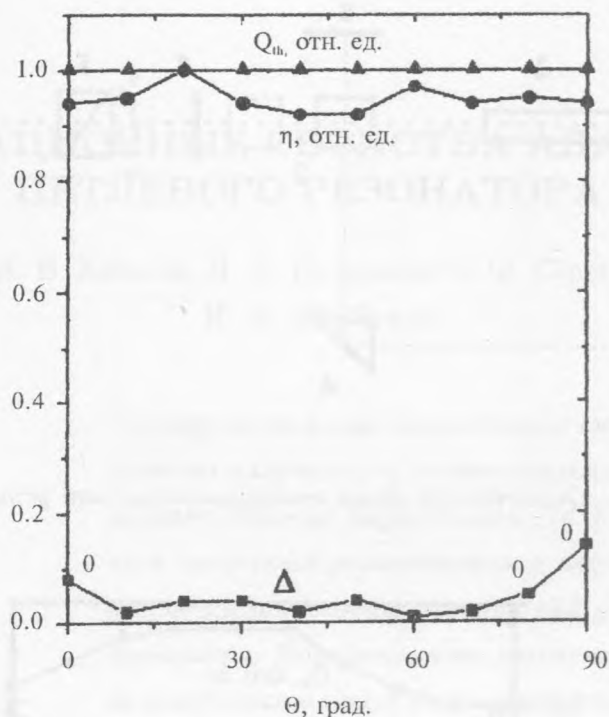


Рис. 3. Зависимости степени поляризации выходного излучения (Δ), КПД (η) и порога генерации ($Q_{нор}$) лазера с линейным резонатором от угла поворота пластины $\lambda/4$ внутри резонатора.

лазера образован зеркалами (1) и (6) с коэффициентами отражения 35 и 100% соответственно. Активным элементом служил кристалл $Nd:YAG$ (3) диаметром 6 и длиной 50 мм. В экспериментах использовалась ламповая импульсная накачка. Кристалл ИСГГ: Cr^{4+} (2) размерами $7 \times 7 \times 7$ мм³ выполнял одновременно роль нелинейной ЧВВ-активной среды и пассивного модулятора добротности резонатора. Начальное пропускание кристалла на длине волны генерации составляло $\approx 25\%$. Каждая из граней кристалла перпендикулярна одной из кристаллографических осей [100], [010] или [001]. Таким образом, два направления ориентации диполей ионов Cr^{4+} были параллельны оптическим осям пересекающихся внутрирезонаторных пучков, а третье – ортогональным плоскости рис. 1. Три поворотные призмы (4) служили для образования внутрирезонаторной петли обратной связи. Углы пересечения внутрирезонаторных пучков в нелинейной среде составляли $\approx 90^\circ$. Деполаризующим внутрирезонаторным элементом служила пластина $\lambda/4$ (5), изготовления из кристаллического кварца. Установка

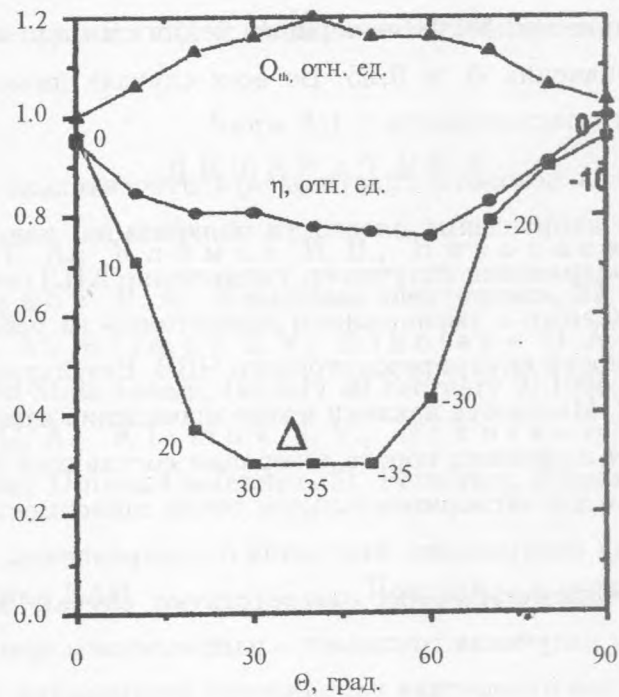


Рис. 4. Зависимости степени поляризации выходного излучения (Δ), КПД (η) и порога генерации ($Q_{пор}$) лазера с зеркальным АПР от угла поворота пластины $\lambda/4$ внутри резонатора.

пластины позволяла плавно вращать ее вокруг оси внутрирезонаторного пучка так, как это показано на рис. 1. При повороте четвертьволновой пластины относительно ее первоначального положения на угол $\theta = n\pi$, где $n = 0, 1, 2, \dots$, направление ее оптической оси ортогонально плоскости рис. 1. Выходное излучение лазера после прохождения поляризатора (7) направлялось в измеритель мощности излучения ИМО-1Н (8). Поляризатор (7) служил для определения направления и степени поляризации излучения $\Delta = (I_{max} - I_{min}) / (I_{max} + I_{min})$, где I – интенсивность соответствующей компоненты поляризации.

При повороте пластины $\lambda/4$ на угол $\theta = n\pi/2$ или при ее отсутствии выходное лазерное излучение было поляризовано в направлении, перпендикулярном плоскости рис. 1. Именно для излучения с этим направлением поляризации процесс внутрирезонаторного ЧВВ протекает наиболее эффективно. Степень поляризации зависела от мощности накачки и убывала с ростом последней. При величине мощности накачки $P \simeq 50 \text{ Вт}$ (частота повторения импульсов составляла $\nu \sim 1 \text{ Гц}$, а энергия импульсов накачки

$Q \simeq 50$ Дж при пороговом значении $Q_{пор} \simeq 35$ Дж) величина степени поляризации составляла $\simeq 0,97$, а при мощности накачки $P \simeq 1,5$ кВт ($\nu = 30$ Гц, $Q \simeq 50$ Дж) она уменьшалась до значения $\Delta \simeq 0,65$. Во всех случаях диаметр выходного пучка составлял $\simeq 6$ мм, а его расходимость $\simeq 1,5$ мрад.

При отклонении угла поворота пластины $\lambda/4$ относительно углов $\theta = n\pi/2$ наблюдалось отклонение направления плоскости поляризации излучения, существенное уменьшение степени поляризации излучения, уменьшение КПД генерации и увеличение порога генерации, связанные с уменьшением эффективности работы АПР вследствие уменьшения эффективности внутрирезонаторного ЧВВ. Результаты этих исследований представлены на рис. 2. Мощность накачки в ходе проведения измерений за исключением случая исследования изменения порога генерации составляла $\simeq 150$ Вт ($\nu = 3$ Гц, $Q \simeq 50$ Дж). Возле каждой экспериментальной точки зависимости Δ от θ обозначено отклонение направления поляризации излучения от направления, нормального к плоскости рис. 1. Положительные значения соответствуют случаю, когда отклонение направления поляризации излучения совпадает с направлением вращения пластины $\lambda/4$. Точность измерения углов отклонения направления поляризации выходного излучения составляла $\pm 10^\circ$. Точности остальных измерений составляли $\pm 10\%$ от измеряемой величины.

При работе лазерного резонатора в режиме обычного резонатора (при этом нелинейная среда выдвигалась из зоны пересечения внутрирезонаторных пучков и ее положение показано на рис. 1 пунктиром) зависимостей Δ , КПД и порога генерации от угла поворота четвертьволновой пластины не наблюдалось. Результаты этих исследований представлены на рис. 3. Наличие небольшой степени поляризации выходного излучения при работе резонатора в обычном режиме и при углах поворота пластины $\lambda/4$ $\theta = 0, \pi/2$ связано, по всей видимости, или с ориентацией диполей ионов Cr^{4+} или с термодвулучепреломлением, наведенном в активном элементе.

Углы отклонения направления поляризации выходного излучения и симметричность вида зависимости Δ от θ в небольшой степени зависели от вариации углов установки поворотных призм в резонаторе вследствие внесения различных разностей фаз для π - и σ -компонент поляризации при полном внутреннем отражении. В ходе проведения экспериментальных работ вместо поворотных призм (4) использовались также поворотные зеркала. В этом случае (см. рис. 4) направление поляризации выходного излучения лазера с АПР с отставанием в $5^\circ - 10^\circ$ "отслеживало" наименьший из углов отклонения оптической оси пластины $\lambda/4$ или направления, перпендикулярного к ней от направле-

ния перпендикулярного к плоскости рис. 1.

Работа выполнена при частичной поддержке РФФИ (проект N 96-02-17102).

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Буфетова Г. А., Климов И. В., Николаев Д. А., Цветков В. Б., Щербakov И. А. Квантовая электроника, **22**, 791 (1995).
- [2] Bufetova G. A., Klimov I. V., Nikolaev D. A., et al. OSA Proceeding on Advanced Solid-State Lasers, January 30-February 2, 1995, v. 24, p. 438.
- [3] Bufetova G. A., Klimov I. V., Nikolaev D. A., et al. Technical Digest of 8-th Laser Optical Conference, St. Peterburg, Russia, **2**, 245 (1995).

Институт общей физики РАН

Поступила в редакцию 23 апреля 1996 г.