

С.В. Николаев, В.В. Пожар

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРОВ НА КРАСИТЕЛЯХ С ЛАМПОВОЙ НАКАЧКОЙ

Теоретически и экспериментально исследованы процессы, влияющие на формирование поляризационной диаграммы излучения изотропно накачиваемых лазеров на красителях. При математическом описании процесса генерации использовалась система скоростных уравнений для набора поляризационных мод. На основании численного решения этой системы рассчитаны зависимости коэффициента усиления и интенсивности генерации от степени анизотропии резонатора и мощности накачки. Приведены экспериментальные исследования зависимости поляризационных характеристик лазера на родамине 6Ж от тех же параметров. Выявлена зависимость величины анизотропии коэффициента усиления от степени анизотропии резонатора и интенсивности накачки. Установлено, что зависимость анизотропии усиления от интенсивности накачки ведет к зависимости степени поляризации лазерного излучения от мощности накачки и вызывает нестационарность поляризационной диаграммы.

Генерацию поляризационного излучения лазерами на красителях (ЛК) можно рассматривать как самостоятельную задачу, возникающую из конкретных практических требований, так и как неизбежный сопутствующий решению другой задачи эффект.

Как известно, преимущественную поляризацию выходного излучения ЛК можно обеспечить тремя способами. Первый – это накачка ЛК линейно-поляризованным излучением другого лазера, второй – использование анизотропных по поляризации резонаторов и третий – инжекция в активную зону ЛК слабого линейно-поляризованного излучения.

Для получения поляризованного излучения в ЛК с ламповой накачкой наиболее часто используются поляризационно-анизотропные резонаторы и поэтому этот способ имеет большое практическое значение. Тем не менее, исследованиям физических процессов в таких лазерах уделялось гораздо меньше внимания, чем в лазерах с поляризованной накачкой. По-видимому, это связано с тем, что основные представления о принципах работы лазеров с поляризационно-анизотропными резонаторами были выбраны еще в 60-е годы применительно к твердотельным лазерам [1] и могут быть, в основном, перенесены на ЛК. Особенности, присущие жидкостным лазерам, отчасти исследовались в работах [2, 3]. Однако достаточно полного изучения процессов генерации поляризованного излучения ЛК с ламповой накачкой до сих пор не проведено. Эти исследования и составляли цель данной работы.

Для математического описания лазера на красителе использовалась система скоростных уравнений, в которых учтены поляризационная анизотропия усиления и наличие поляризации излучения генерации [4]. При этом молекула моделировалась линейным осциллятором, общим для поглощения и испускания с двумя уширенными электронными синглетными уровнями: основным и первым возбужденным. Пропускание резонатора для потоков излучения различной поляризации задавалось функцией $G = \cos^2\psi + \gamma \sin^2\psi$, где ψ – угол вектора напряженности электрического поля компоненты в лабораторной системе координат.

Система скоростных уравнений решалась численно. Расчеты выполнялись для лазера на родамине 6Ж при длительности импульса накачки ~ 6 мкс по уровню 0,1. Нас интересовали зависимости степени поляризации излучения лазера P и коэффициента усиления $K_{yc}(\psi)$ от степени анизотропии резонатора (т.е. γ) и интенсивности накачки. Расчеты показали, что при одном и том же γ увеличение скорости накачки приводит к уменьшению степени поляризации. Причина этого заключается в том, что в активной среде ЛК, генерирующего поляризованное излучение, возникает анизотропия $K_{yc}(\psi)$ тем большая, чем выше поляризационная анизотропия резонатора и интенсивность накачки. Это приводит к тому, что возникают условия для генерации большего набора неосновных мод, что и вызывает деполаризацию излучения.

Проанализирована также временная зависимость мгновенной степени поляризации в течение импульса. Выявлено, что зависимость $K_{yc}(\psi)$ от интенсивности накачки приводит к нестационарности степени поляризации лазера.

Зависимость анизотропии $K_{yc}(\psi)$ от интенсивности накачки может быть связана с величиной превышения порога генерации [1], что и было просчитано в стационарном приближении. Соответствующая формула для расчета $K_{yc}(\psi)$ при этом имеет вид

$$K_{yc}(\psi) = K_{\text{порог}}(0) \left\{ \cos^2 \psi + \frac{1}{2} \left[\frac{3\beta}{\sqrt{a}} \operatorname{arctg} \sqrt{a-1} \right] \sin^2 \psi \right\},$$

где $a \approx 2,25\beta - 2,5$ (β – величина превышения накачкой порогового значения).

Эксперимент подтвердил результаты теоретического анализа. Были измерены зависимости степени поляризации лазера на родамине 6Ж от величины анизотропии резонатора при различных интенсивностях накачки, при использовании различных растворителей и при варьировании коэффициентов отражения зеркал резонатора. Как и ожидалось, увеличение порога генерации или уменьшение интенсивности накачки приводило к увеличению степени поляризации генерируемого излучения. Наблюдалась также и нестационарность мгновенной степени поляризации, величина и характер которой зависели от тех же факторов.

В результате теоретического и экспериментального анализа показано, что в активной среде лазера на красителе с изотропной накачкой и поляризационно-анизотропным резонатором возникает анизотропия коэффициента усиления, оказывающая существенное влияние на формирование поляризационной диаграммы выходного излучения лазера. При этом степень поляризации излучения в течение импульса генерации может иметь существенно нестационарный характер, а сама величина степени поляризации определяется степенью анизотропии коэффициента усиления и зависит от величины превышения накачкой пороговой величины. Это позволяет сделать вывод о том, что на практике достигаемая в импульсном лазере степень поляризации излучения зависит не только от эффективности внутррезонаторного поляризатора, но и от тех параметров, которые определяют величину достигаемого превышения порога генерации.

1. Ратнер А. М. Взаимодействие компонент поляризации, генерируемых лазером // Квантовая электроника. Киев. 1967. Вып. 2. С. 91–105.
2. Нестриженко Ю. А., Пожар В. В. // Материалы Всесоюзной конференции «Лазеры на основе сложных органических соединений, 1975». Минск. 1975. С. 85.
3. Morgan F. J., Dugan H. // Appl. Opt. 1979. V. 18. N 24. P. 4112–4115.
4. Пикулик Л. Г., Ярошенко О. И. // Журнал прикладной спектроскопии. 1977. Т. 27. N 1. С. 53–58.

Институт радиофизики и электроники НАН Украины,
г. Харьков

Поступила в редакцию
17 мая 1995 г.

S. V. Nikolaev, V. V. Pozhar. Peculiarities of Polarization Characteristics Formation of the Flash-lamp Pumped dye Lasers.

The processes that influence on the emission polarization diagram of formation of the isotropically pumped dye lasers were theoretically and experimentally investigated. The rate equations system for the set of polarization modes was used for mathematical description of the generation process. On base of numerical solution of this system the gain coefficient and generation intensity dependences on the cavity anisotropy degree under the various pumping power were calculated. Experimental investigations of the polarization characteristics dependence on the same parameters for the rhodamine 6G laser were carried out.

The results have shown that in the flash-lamp pumped dye laser with the anisotropy cavity appears the unstationary gain of the anisotropy coefficient. The dependence of gain anisotropy value on the cavity anisotropy degree and the pumping intensity leads to dependence of the laser emission polarization degree on the excitation power and gives rise to the unstationary state of the polarization diagram.