

Узкополосный перестраиваемый лазер на красителе для фотоионизации Nd150.

Дьячков А.Б., Ковалевич С.К., Песня А.В., Цветков Г.О.

РНЦ "Курчатовский институт" Институт Молекулярной физики
123182, Москва, пл. Курчатова д.1
тел. (095) 196 76 60 факс (095) 194 19 94 e-mail: adjach@imp.kiae.ru

RU0210730



Использование импульсных перестраиваемых лазеров на красителе для лазерного разделения изотопов (в частности, редкоземельных элементов) накладывает строгие требования на их характеристики: узкая спектральная ширина генерации ($<200\text{МГц}$), низкая фоновая составляющая, плавная перестройка частоты генерации, хорошее пространственное качество луча, стабильность энергетических и спектральных характеристик излучения, высокая частота повторения импульсов генерации.

На Рис.1 представлена оптическая схема лазера на красителе, характеристики которого удовлетворяют всем вышеперечисленным требованиям. Лазер имеет усредненную спектральную ширину линии генерации ($<150\text{МГц}$), прекрасное пространственное качество луча (близкое к TEM_{00}), диапазон генерации ($>40\text{нм}$), диапазон плавной (без перескока мод) перестройки длины волны (более 4см^{-1}), кратковременная стабильность частоты генерации ($\pm 10\text{МГц}$).

В качестве источника накачки использовалась зеленая компонента (510нм) лазера на парах меди (частота повторения 10кГц , длительность импульса 25нс , расходимость $0,5\text{мрад}$). Для получения импульса генерации лазера на красителе с длительностью близкой к длительности импульса накачки (условие дальнейшего эффективного усиления) была применена двухимпульсная схема накачки [1] (полупрозрачное зеркало 1 и глухие 2,3). Далее излучение фокусировалось линзой (4) с фокусным расстоянием 250мм в оптическое волокно (6) типа кварц-кварц (диаметр сердцевины - 250мкм , длина - 5м). Для снижения потерь излучения на отражение и для надежной работы световолокна в условиях высоких плотностей вводимой световой мощности входной торец располагался в просветленной прокачной кювете (5) (в качестве иммерсионной жидкости использовалась дистиллированная вода). Эффективность транспортировки накачки через световолокно составила $92-93\%$. На выходе из световолокна на двойном фокусном расстоянии ($\sim 10\text{см}$) располагалась "безабберационная линза" (7) (система из пары положительных и отрицательных линз). Эффективность перефокусировки излучения в размер, равный размеру сердцевины световолокна был не ниже 95% , что в 3 раза эффективнее случая использования обыкновенной линзы.

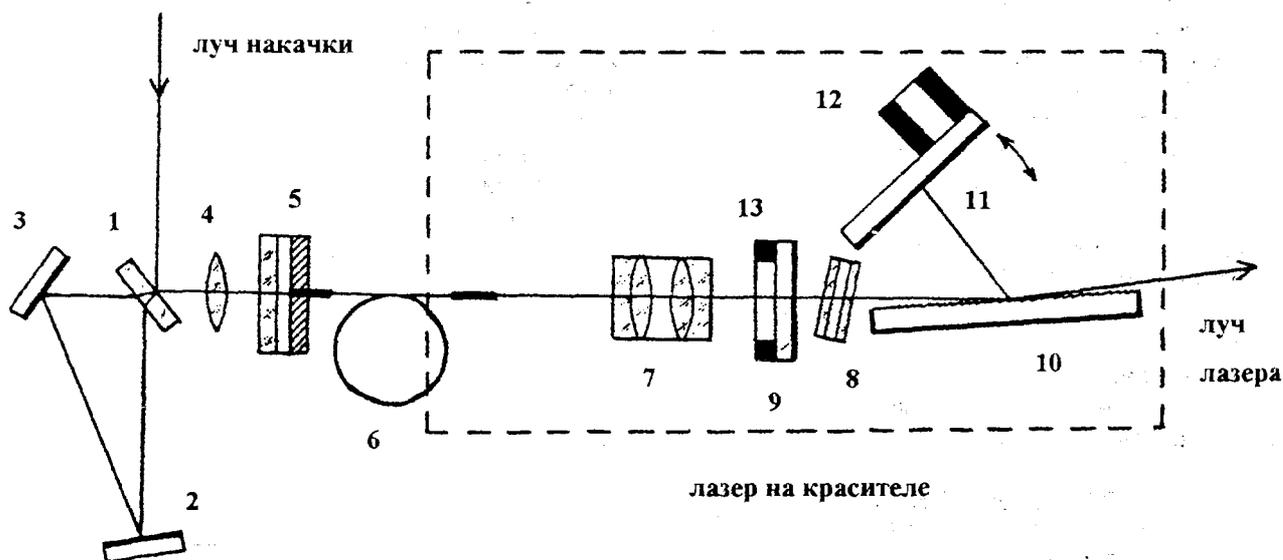


Рис.1. Оптическая схема одномодового лазера на красителе.

1,2,3 - зеркала накачки, 4 - линза, 5 - узел ввода накачки в световолокно, 6 - световолокно, 7 - "безабберационная линза", 8 - кювета с красителем, 9 - дихроичное зеркало, 10 - дифракционная решетка, 11 - поворотное зеркало, 12,13 - пьезоэлементы.

Жесткая фиксация выходного торца световолокна относительно резонатора лазера и квазистационарный пологий профиль распределения интенсивности излучения накачки при перефокусировке в активную зону лазера на красителе (8) позволили получить превосходное качество лазерного луча, а также существенно поднять стабильность частоты генерации.

Схема резонатора лазера - традиционная схема резонатора с дифракционной решеткой в режиме скользящего падения. Использовался продольный вариант геометрии накачки [2].

Излучение из световолокна фокусировалось в лазерную кювету (8) (длина активной зоны -2,5мм) через дихроичное зеркало (9) с $R(560-600\text{нм})=99\%$ и $T(510\text{нм})=95\%$, которое вместе с дифракционной решеткой (10) (3000 штр/мм, длиной 100мм) и глухим зеркалом (11) составляли резонатор лазера на красителе. Решетка располагалась относительно оптической оси резонатора под углом 89,65-89,70 град. (эффективность диффракции при данных углах для 6328 А ~ 4-5%). Излучение выводилось через нулевой порядок диффракции, перестройка длины волны осуществлялась поворотом глухого зеркала (11) с помощью пьезоэлемента (12). Средняя оптическая длина резонатора составляла 13см (межмодовый интервал - 1,2ГГц). Для достижения плавного (без перескока мод) сканирования частоты генерации ось поворота глухого зеркала совпадала с, так называемой, магической точкой (pivot point). В этом случае при сканировании длины волны генерации резонатор меняет свои размеры таким образом, что число полуволн, укладывающихся на его длине остается неизменным [3].

Спектральный диапазон сканирования моды до появления соседней составил 1,3 А и был ограничен точностью исполнения механического узла поворота глухого зеркала, а также точностью выставления всех оптических элементов резонатора относительно магической точки [4]. Тонкая подстройка длины резонатора для установления "чистого" одномодового режима генерации осуществлялась пьезоэлементом (13), к которому было прикреплено зеркало (9).

КПД лазера в зависимости от используемого красителя достигала 20% (мощность накачки 3 Вт, мощность генерации 0,6 Вт). Диапазон эффективной генерации превышал 40нм. В качестве растворителя использовался этиловый спирт.

Скорость прокачки раствора в активной зоне составляла 8 м/с. Это обеспечивало трехкратную смену объема активной области за время между импульсами накачки, что важно с точки зрения получения стабильного режима одномодовой генерации [2].

На Рис.2 представлен результат сканирования излучения лазера на красителе с помощью интерферометра фирмы "Thorpe" модель 7600 (область дисперсии -1,5 ГГц, контрастность - 200).

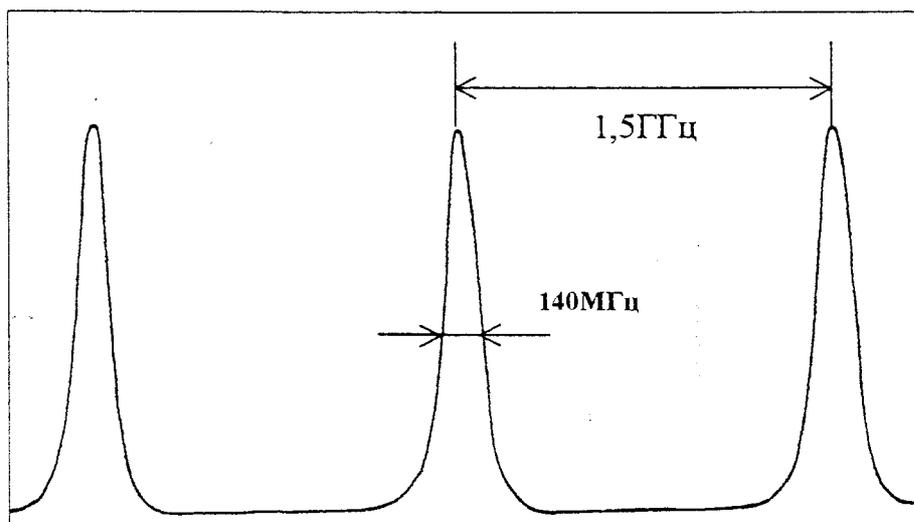


Рис.2. Спектр излучения лазера на красителе, полученный с помощью конфокального интерферометра ("Thorpe 7600) с межмодовым интервалом 1,5 ГГц и контрастностью 200.

Сконструированный лазер был использован в экспериментах по селективной фотоионизации Nd150. Фотоионизация проводилась по двум схемам, предложенным в работе [5]. Первая схема ($\alpha_1=588,79\text{нм}$, $\alpha_2=\alpha_3=596,94\text{нм}$ через автоионизационное состояние) обладает высокой эффективностью. Заметная селективность достигается при использовании узкополосного лазера на второй ступени (возбуждение по первой ступени осуществлялось излучением многомодового лазера на красителе с шириной линии 1,5-2 ГГц). По этой схеме фотоионизации было получено обогащение по Nd150 68% (Рис.4). В ходе экспериментов было измерено спектральное расстояние между максимумами ионных токов 148 и 150 изотопов, оказавшееся равным $0,5 \pm 0,1$ ГГц.

Использование узкополосного лазера на первом переходе позволило исследовать изотопную структуру Nd на линии 588,79нм. На Рис.3 приведена экспериментальная зависимость сигнала люминесценции Nd от длины волны. Положение пиков соответствующих изотопов находится в хорошем соответствии с результатами, представленными в работе [6]. Изотоп сдвиг Nd150 - Nd148 составил 110 ± 10 МГц.

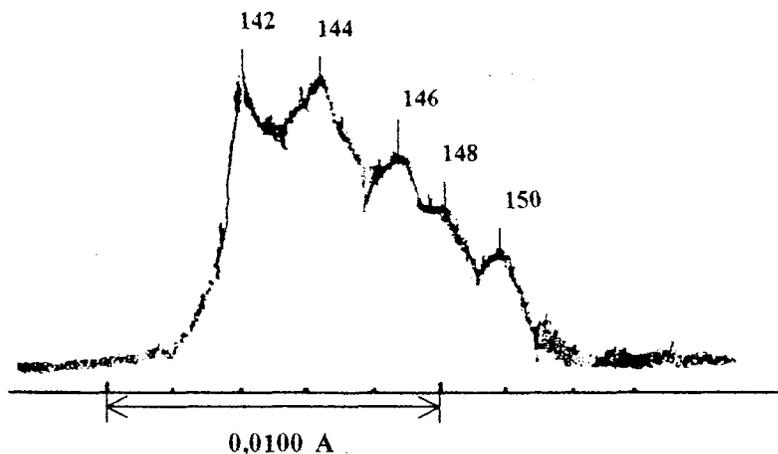


Рис.3. Экспериментальная зависимость сигнала люминесценции Nd (588,79нм) от длины волны одномодового лазера.

Изотопический сдвиг 1 перехода второй опробованной схемы ($\alpha_1=596,6$ нм, $\alpha_2=588,36$ нм, с ионизацией в континуум этими же длинами волн) существенно больше - 1,1 ГГц. Использование узкого лазера на этом переходе позволило получить обогащение по Nd150 96% (Рис.4).

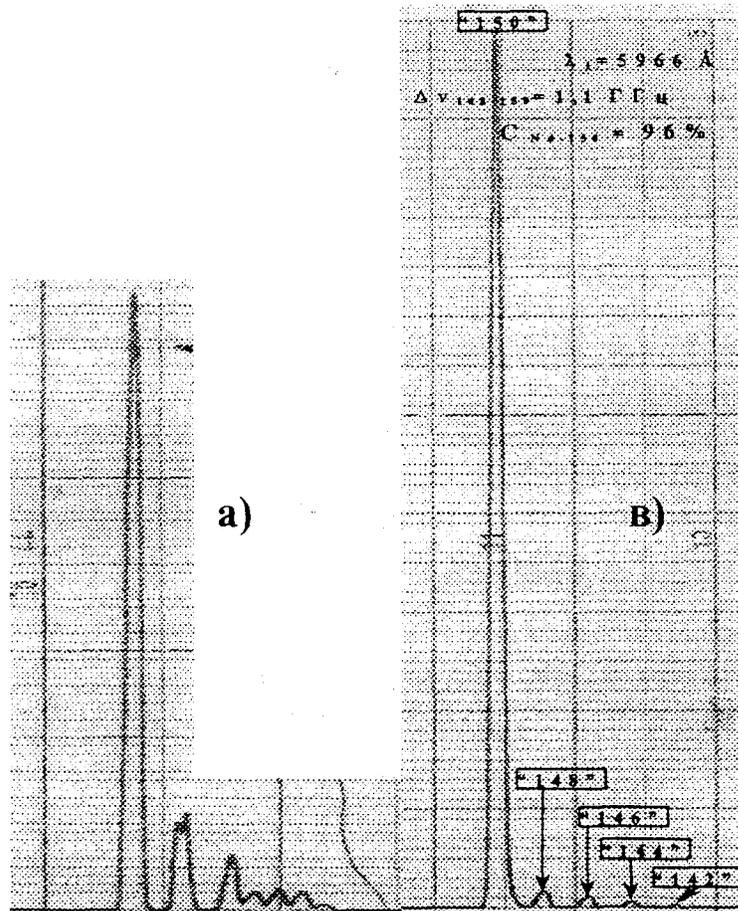


Рис.4 Масс-спектр Nd по схеме фотоионизации а) $\alpha_1=588,79$ нм, $\alpha_2=\alpha_3=596,94$ нм; б) $\alpha_1=596,6$ нм, $\alpha_2=588,36$ нм с ионизацией α_1 и α_2 .

Литература

1. J.E.Lowler, W.A.Fitzsimmons Applied Optics, vol.15, no.4, 1976
2. A.J.Berry, I.T.McKinnie and T.A.King , J. of Modern Optics, vol.37, no.4, 1990
3. Karen Liu and Michael G.Littman , Optics Letters, vol.6, no.3, 1981
4. Michael G.Littman , Applied Optics, vol.23, no.24, 1984
5. Зюзиков А.Д., Мишин В.Н., Федосеев В.Н., Оптика и спектроскопия 64, вып.3, 1988
6. K.A.Kiewen, E.R.Eliel, et all, Z Phisic A, 301, 95-99, 1981