

**ПРИМЕНЕНИЕ
ЛАЗЕРНОЙ И ОПТИКО-
ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ
В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ**

02



**МИНСК
«УНИВЕРСИТЕТСКОЕ»
1989**

ПИКОСЕКУНДНАЯ ЛАЗЕРНАЯ УСТАНОВКА С РЕЗУЛЬТАТНЫМ
ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ЧАСТОТЫ ДЛЯ СПЕКТРОСКОПИИ
ВЫСОКОГО ВРЕМЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

В работе описывается простая конструкция флуорометра с разрешением 40 пс, работающего по принципу *up*-конверсии, в котором умеренные пиковые мощности возбуждающих и стробирующих импульсов, обеспечивающие достаточно высокие эффективности нелинейных преобразований, сочетаются с высокой (2-7 кГц) частотой повторения, что позволяет использовать чувствительные методы регистрации (счет фотонов) и повысить точность эксперимента путем усреднения сигнала по многим событиям. Система построена с использованием доступных серийно выпускаемых блоков и элементов.

Цель работы состоит в изучении физических принципов, на которых основана работа флуоресцентной установки для спектроскопии высокого временного разрешения, а также ее составных частей. Предложено провести измерения энергетических и временных параметров излучения, записать ряд кинетических кривых и определить времена жизни флуоресценции некоторых растворов органических красителей.

Источник сверхкоротких импульсов создан на базе АИГ: Nd^{3+} -лазера ЛТИ-501 с непрерывной накачкой и акустооптической модуляцией добротности [1, 2]. Модификация лазера заключается в удлинении резонатора до 2,25 м и замене зеркал: в качестве выходного используется клиновидное зеркало с $R = 90\%$, глухое зеркало заменено прокачной кюветой с толщиной слоя 0,8 мм, образованной вогнутым зеркалом с радиусом 2,5 м и просветленной клиновидной подложкой. Через кювету со скоростью 5-10 м/с прокачивается раствор красителя 3274у в изобутаноле. Частота генерируемого ИК излучения (ν_1) удваивается внрезонаторно в кристалле $LiIO_3$.

Таким образом, лазер работает в двояком режиме: с активной модуляцией добротности и пассивной синхронизацией мод. Следует отметить, что, как оказалось, генерация цугов сверхкоротких импульсов возможна и без акустооптического затвора, при этом требуется несколько изменить концентрацию насыщающегося поглотителя (до пропускания 0,89-0,90 при $\lambda = 1,06$ мкм); последний в этом варианте выполняет одновременно функции пассивного модулятора и синхронизатора мод. Характеристики лазера при этом меня-

ются незначительно: также генерируются цуги импульсов с полушириной огибающей порядка $0,25$ мкс, частота повторения зависит от мощности накачки и концентрации красителя и варьируется в пределах $2-5$ кГц, длительности импульсов практически не изменяются, а средняя мощность второй гармоники в этом режиме несколько выше (до $0,8$ Вт). Таким образом, получен режим пассивной синхронизации мод в непрерывно накачиваемом АИГ: Nd^{3+} -лазере.

Описанный лазерный источник имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционно применяемыми твердотельными лазерами с синхронизацией мод: при сохранении той же длительности импульса он отличается на $2-3$ порядка более высокой частотой повторения цугов, а благодаря непрерывной накачке обладает существенно более высокой стабильностью и надежностью. Несколько уступая непрерывным лазерам на АИГ: Nd^{3+} с активной синхронизацией мод [3] и лазерам, работающим в двояком режиме (активная синхронизация мод и модуляция добротности) [4,5], по средней мощности и, по-видимому, стабильности, описываемый лазер позволяет получать более короткие импульсы и значительно проще по конструкции. При частоте модуляции добротности $5-7$ кГц регистрируемые с помощью стробоскопического осциллографа цуги импульсов имеют полуширину огибающей порядка $0,25$ мкс, интервал между импульсами в цугах 15 нс. Корреляционная функция, измеренная путем коллинеарного сложения первой и второй гармоники, в кристалле KDP имеет полуширину $37-42$ пс, из чего средние по цугу длительности импульсов для V_1 оцениваются в $30-35$ пс, а для $2V_1$ - $22-25$ пс, средняя мощность для V_1 - 3 Вт, для $2V_1$ - $0,5$ Вт.

В первой части работы предлагается получить синхронизацию мод лазера и найти оптимальный режим работы. Измерить среднюю мощность излучения на основной частоте и преобразованного излучения, произвести визуальное наблюдение цуга пикосекундных импульсов.

Оптическая схема флуорометра приведена на рис.1. Селективное зеркало 3 служит для разделения излучения частот V_1 и $2V_1$. Излучение частоты $2V_1$ проходит через варьруемую линзу задержки и фокусируется линзой 14 с $F = 5$ см на образце 15 (в проводившихся экспериментах кювета с перемешиваемым раствором красителя). Та же линза 14 собирает и коллимирует излучение флуоресценции, широкий параллельный пучок отражается зеркалом 6 с отверстием в центре в направлении линзы 7, через отверстие

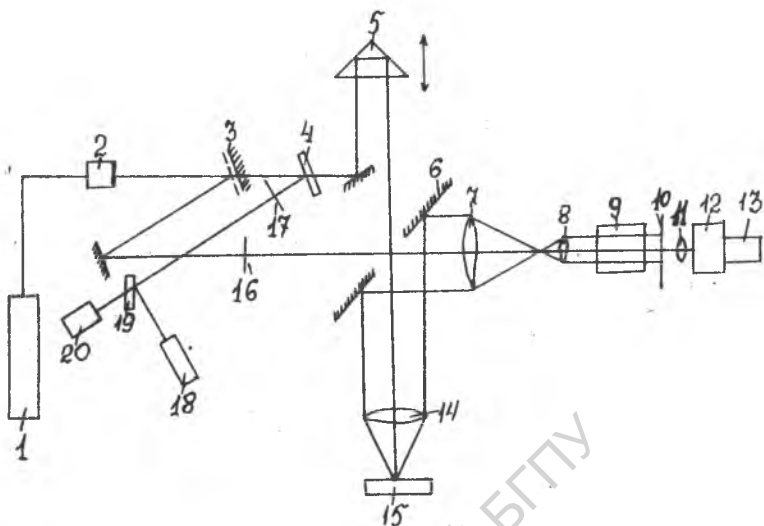


Рис.1. Схема экспериментальной установки: 1 - лазер; 2 - нелинейный кристалл $LiIO_3$; 3 - селективное зеркало; 4, 10, 16, 17 - фильтры; 5 - линия задержки; 6 - зеркало; 7, 8, 11, 14 - линзы; 9 - нелинейный кристалл KDP для сложения частот; 12 - монохроматор ДМР-4; 13, 18 - ФЭУ; 15 - образец; 19 - стеклянная пластинка; 20 - фотозлемент

по оси пучка заводится излучение частоты ν_1 . Линзы 7 с $F = 5$ см и 8 с $F = 0,4$ см телескопируют пучок. В кристалле KDP генерируется суммарная частота $\nu_f + \nu_1$ (где ν_f - одна из частот спектра флуоресценции), излучение которой поступает в монохроматор и регистрируется фотоумножителем 13 как функция временной задержки стробирующего импульса относительно возбуждающего. Небольшая часть излучения частоты $2\nu_1$, отраженная фильтром 4 и стеклянной пластинкой 19, регистрируется фотоумножителем 18, сигнал с которого направляется в "канал сравнения" электронной схемы и служит для коррекции флуктуации интенсивности источника возбуждения. Прошедшее через пластинку 19 излучение поступает на фотозлемент 20, сигнал с которого используется для стробирования счетчиков системы регистрации. Регистрация интенсивности флуоресценции (основной канал) и ин-

тенсивности возбуждения (канал сравнения) осуществлялась методом счета фотонов с накоплением информации в многоканальном анализаторе МТА-1024 за несколько циклов возбуждения флуоресценции.

Во второй части работы необходимо научиться калибровать оптическую систему, ознакомиться с электронной системой обработки и распечатки результатов, измерить полуширину аппаратной функции одиночного импульса пикосекундной длительности методом сложения частот, провести измерения кинетик затухания и определить времена жизни флуоресценции предложенных растворов органических красителей.

В качестве примера на рис. 2 приведена кривая затухания

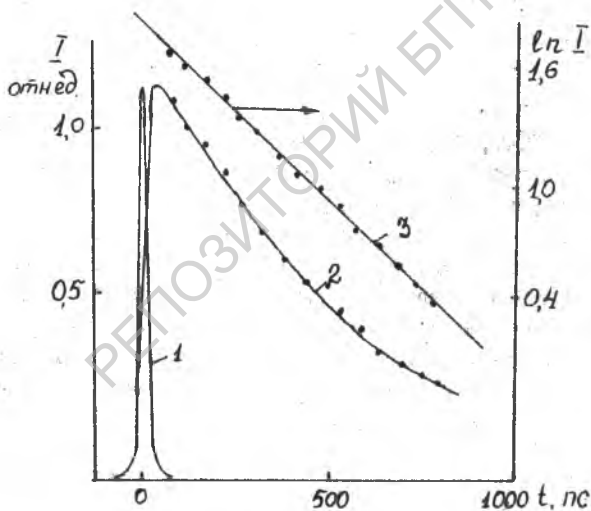


Рис.2. Аппаратная функция (1), кривая затухания флуоресценции (2) и ее логарифмическое представление (3) для бенгальского розового в концентрации 10^{-5} моль/л:
 $\tau = 535$ пс (по [6]) $\tau = (535 \pm 15)$ пс

флуоресценции для бенгальского розового в концентрации 10^{-5} моль/л, а также аппаратная функция системы, зарегистрированная при замене люминесцирующего объекта на рассеивающий. В данном эксперименте средняя мощность возбуждения была снижена фильтрами в 50 раз до уровня 10 мВт. Уверенная регистрация возможна и при мощности возбуждения порядка 1 мВт. Высокая чувствительность системы регистрации позволяет расширить возможности установки: использовать излучение второй гармоники не непосредственно для возбуждения объекта, а для накачки лазера на красителе (некоторые простые по конструкции варианты такого лазера будут описаны отдельно). Кроме того, для возбуждения флуоресценции может использоваться третья гармоника $3V_1$, генерируемая на кристаллах *KDP* или *LiIO₃* с высокой эффективностью (получены средние мощности в пределах 100–150 мВт).

Литература

1. Гулис И.М., Комяк А.И., Саечников К.А., Цвирко В.А.// ЖПС. 1987. Т.47, № 3. С. 489–494.
2. Саечников К.А., Цвирко В.А. Методические указания к лабораторной работе "Лазерная установка на основе алюмо-иттриевого граната с неодимом для спектроскопии высокого временного разрешения" для студентов специальности 2016. Мн., 1988.
3. Томов И.В., Федосеев Р., Ричардсон М.Ч.// Квант. электрон. 1980. Т.7, № 7. С. 1381–1398.
4. Онищук Г.И., Фомичев А.А.// Физические явления в приборах электронной и лазерной техники. М., 1982. С. 36–39.
5. Фомичев А.А.// Изв. АН СССР. Сер. физ. 1984. Т.48, № 12. С. 2325–2331.
6. Fleming R. // *Adv. Chem Phys.* 1982. P.1–45.