

**Система ап-конверсии на базе фемтосекундного Cr<sup>4+</sup>: Forsterite лазера.**

Ю. А. Шандаров, Д. А. Иванов, Н. Х. Петров

Государственное бюджетное учреждение науки Центр Фотохимии Российской Академии Наук, 119421, Москва, ул. Новаторов 7а-1.

msshandos@mail.ru

Фемтосекундная ап-конверсия (up-conversion) является мощным методом для экспериментального исследования сверхбыстрой кинетики люминесценции и динамики возбужденных состояний люминофоров [1]. Она нашла широкое применение в таких областях, как физическая химия, биофизика, биомедицина [2]. В рамках данного метода используется два синхронизированных по времени сверхкоротких лазерных импульса. Первый импульс возбуждает люминесценцию образца, а второй смешивается с ней в нелинейно-оптическом кристалле. Изменение задержки между импульсами и регистрация сигнала на суммарной частоте позволяют сканировать излучение люминесценции с временным разрешением, определяемым длительностью импульсов.

Одним из ограничений данного метода является диапазон длин волн, используемых для возбуждения люминесценции. Большинство систем ап-конверсии используют фемтосекундные лазеры на кристалле Ti<sup>3+</sup>: Sapphire и их оптические гармоники. С учетом возможностей перестройки, диапазон используемых длин волн при этом оказывается 700 – 950 нм для основного излучения, 350 – 475 нм для второй и 233 – 317 нм для третьей оптических гармоник.

В данной работе мы демонстрируем использование лазера на кристалле Cr<sup>4+</sup>: Forsterite для создания системы ап-конверсии. Длины волн генерации такого лазера лежат в диапазоне 1220 – 1280 нм, его оптические гармоники имеют длины волн 610 – 640 нм, 407 – 427 нм, 305 – 320 нм. Такой диапазон может оказаться более удобным для ряда приложений, например биомедицины, где длины волн генерации Cr<sup>4+</sup>: Forsterite лазера попадают в полосу прозрачности биотканей [3].

В нашей работе использовался Cr<sup>4+</sup>: Forsterite лазер с центральной длиной волны генерации 1280 нм, частотой следования импульсов 95 МГц, длительностью импульса 95 фс и энергией в импульсе ~7 нДж. Для преобразования в оптические гармоники использовались кристаллы LBO и ВВО. Максимальные энергии в импульсах гармоник составили ~3.2 нДж для второй и ~0.35 нДж для третьей соответственно. Ширина аппаратной функции системы составила 220 фс, спектральное разрешение – 10 нм.

В качестве тестового образца использовался краситель перхлорат 4-[(E)-2-(3,4-диметоксифенил)этилен]-1-этилпиридиния, кинетика люминесценции которого была

ранее измерена с использованием  $Ti^{3+}$ : Sapphire лазера [4]. Линия поглощения данного красителя соответствует второй гармонике  $Ti^{3+}$ : Sapphire и третьей гармонике  $Cr^{4+}$ : Forsterite лазера.

Измерения, сделанные при помощи нашей системы, показали полное соответствие полученным ранее результатам. Таким образом, лазер на кристалле  $Cr^{4+}$ : Forsterite может быть использован для создания эффективной системы ап-конверсии, работающей в широком спектральном диапазоне, дополняющем и частично перекрывающем диапазон, предоставляемый лазером на кристалле  $Ti^{3+}$ : Sapphire.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 14-13-00751).

Литература:

- [1] A. Szemik-Hojniak, I. Deperasinrska, K. Oberda, Y. Erez, D. Hupperte, Y.P. Nizhnik, Ultrafast excited state dynamics of trans-[4-(4'-dimethylaminostyryl)] pyridine N-oxide in solution: femtosecond fluorescence up-conversion and theoretical calculations, *Physical Chemistry Chemical Physics*, vol. 15, pp. 9914-9923, (2013).
- [2] J. Xu and J.R. Knutson, Ultrafast Fluorescence Spectroscopy via Upconversion: Applications to Biophysics, *Methods Enzymology*, vol. 450, pp. 159–183, (2008).
- [3] A.A. Ivanov, M.V. Alfimov, A.M. Zheltikov. An All-Solid-State Sub-40-fs Self-Starting  $Cr^{4+}$ :Forsterite Laser Broadly Tunable within the Therapeutic-Window Range for High-Resolution Coherence-Domain and Nonlinear-Optical Biomedical Applications. *Laser Physics*, vol. 10, pp. 796-799 (2000).
- [4] D.A. Ivanov, N.Kh. Petrov, A.A. Ivanov, M.V. Alfimov, A.I. Vedernikov, S.P. Gromov, A fast relaxation of electronically-excited inclusion complexes of a styryl dye with cucurbit[7]uril, *Chemical Physics Letters*, vol. 610, pp. 91-94, (2014).