

## **Компьютерное моделирование и экспериментальная реализация электронно-оптических преобразователей и стрик-камер с пико-фемтосекундным временным разрешением**

Н.С. Воробьев, В.П. Дегтярева, В.И. Лозовой, М.А. Монастырский, М.Я. Щелев  
*Отдел фотоэлектроники ИОФ РАН*

Данный цикл работ относится к области технической физики и является итогом исследований Отдела фотоэлектроники за последние пять лет по созданию электронно-оптических преобразователей (ЭОП) и построению на их основе щелевых (стрик) камер, обеспечивающих пико-фемтосекундное временное разрешение в лазерно-ориентированных физических экспериментах. Все работы, входящие в цикл, неоднократно докладывались на семинарах и на заседаниях Ученого Совета ИОФ РАН, опубликованы в рецензируемых журналах, а также были представлены в качестве пленарных, приглашенных, устных и стендовых докладов на 28-ом (г. Канберра, Австралия), 29-ом (г. Мориока, Япония) и 30-ом (г. Претория, Южная Африка) Международных конгрессах по формированию изображений быстропротекающих процессов и фотонике (International Congresses on High-Speed Imaging and Photonics).

Публикации, вошедшие в данный цикл работ, ранее не отмечались какими-либо наградами (Государственными, ведомственными, международными, а также премиями ИОФ РАН).

Основные результаты данного цикла работ сводятся к следующим положениям:

1. Завершен этап создания теоретической и алгоритмической базы для компьютерного моделирования времяанализирующих ЭОП; реализованы пакеты прикладных программ ELIM/DYNAMICS и MASIM, в основу которых положены современные методы вычислительной математики и оптики заряженных частиц [1];
2. Проведены оптимизационные расчеты систем формирования фотоэлектронных изображений, которые позволили выработать технические требования на изготовление пико-фемтосекундных ЭОП с учетом производственных возможностей исследовательско-технологической цепочки Отдела фотоэлектроники [2];
3. Разработана конструкторская документация, изготовлена серия экспериментальных образцов (несколько сотен экземпляров) пико-фемтосекундных ЭОП типа ПИФ-001-М, ПФ-М, ПВ-ФС-М, ПВ-001-В, и осуществлены испытания их статических и динамических характеристик на пико-фемтосекундных лазерных стендах Отдела фотоэлектроники [3];
4. Построена тиражируемая пикосекундная электронно-оптическая камера модели PS-1/S1 (рис.1), выгодно отличающаяся от зарубежных аналогов (Optronis (Германия), Hamamatsu (Япония) и др.) высоким временным разрешением в режиме щелевой (стрик) развертки ( $1 \pm 0,2$ ) пс, широким диапазоном спектральной чувствительности (350 – 1300 нм), малым временем срабатывания (<15нс) и рекордно малыми нестабильностями срабатывания ( $\pm 3$ пс), что дает возможность надежно использовать такую камеру как в режиме

однократной регистрации, так и в режиме накопления. Благодаря уникальному набору эксплуатационных характеристик камеры PS-1/S1, впервые удалось в прямом эксперименте провести измерения параметров стимулированного излучения из GaAs – образцов, что ранее было недоступно никаким другим методам измерений, например, pump-probe technique [4];

5. В Отделе фотоэлектроники продолжается активный поиск путей достижения временного разрешения в хронографическом режиме в диапазоне  $10^{-13}$  –  $10^{-14}$  с, предсказанного трудами школы академика Е.К. Завойского в 50-х годах прошлого столетия. В данном цикле работ определены ближайшие перспективы по практическому достижению фемтосекундного (10 – 100 фс) временного разрешения с помощью ЭОП, работающих в режиме развертки изображений быстропротекающих процессов, ограниченных узкой щелью (streak-mode) [5].



Рис. 1 Пикосекундная стрик-камера модели PS-1/S1 в составе спектрохронографического измерительного комплекса ИРЭ РАН по исследованию динамики стимулированного излучения из GaAs [6].

## Список публикаций:

1. M.A. Monastyrskiy, G.E. Greenfield “Selected problems of computational charged particle optics”, Advances in Imaging and Electron physics, Elsevier, vol. 155, p.p. 1-333, (2009);
2. V.P. Degtyareva , N.V. Ageeva, S.V. Andreev, S.R. Ivanova, A.M. Kaverin, T.P. Kulechenkova, G.P. Levina, V.A. Makushina, N.D. Polikarkina, M.Ya. Schelev, T.A. Skaballanovich, Z.M. Semichastnova, V.E. Sokolov “A sub-100 fs streak tube (computer-aided design, manufacturing, testing)”, Proc. of SPIE Vol. 7126 71261B-1 (peer- reviewed), (2009);
3. М.Я. Щелев «ЭОП’ы для лазеров, лазеры – для ЭОП’ов (Опыт работы отдела фотоэлектроники ИОФ РАН)», Квантовая электроника, т. 37, вып. 10, стр. 927-933, (2007);
4. Н.Н. Агеева, И.Л. Броневои , Д.Н.Забегает, А.Н. Кривоносков, Н.С. Воробьев, П.Б. Горностаев, В.И. Лозовой, М.Я. Щелев «Погрешности измерений пикосекундных импульсов света с помощью пикосекундных стрик-камер», ПТЭ, №4, с. 108-115, (2011);
5. М.Я. Щелев «Пико-фемто-аттосекундная фотоэлектроника (взгляд через полувековую «лупу времени)», УФН, т. 122, №6, с.с. 649-656, (2012).
6. N.N. Ageeva, I.L. Bronevoi, P.B. Gornostaev, A.N. Krivonosov, V.I. Losovoi, V.I. Pelipenko, M.Ya. Schelev, E.V. Shashkov, N.S. Vorob’ev, D.N. Zabegaev “PS-1/S1 picosecond streak camera time-intensity profile measurements of stimulated radiation from GaAs”, Programme and Book of Abstracts of the 30-th ICHSIP, Pretoria, South Africa, 16-21 September 2012, p. 2, (2012).