

20 ЛЕТ БЕЗ ИОСИФА НОРАЙРОВИЧА СИСАКЯНА

В.А. Данилов, Н.И. Петров

Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН

В докладе дан обзор основных научных результатов профессора И.Н. Сисакяна (08.03.1938 – 09.11.1995), а также рассказывается о развитии после его безвременной кончины созданного им научного направления «компьютерная оптика».

Ключевые слова: компьютерная оптика, дифракционная оптика, фокусатор, модан.

Введение

9 ноября 2015 года исполнилось 20 лет со дня безвременной кончины начальника-главного конструктора Центрального конструкторского бюро уникального приборостроения РАН (ныне – Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН – НТЦ УП РАН) профессора Иосифа Норайровича Сисакяна (08.03.1938 – 09.11.1995) [1-2]. В докладе рассказывается о научных результатах И.Н. Сисакяна в области оптики и развитии его идей в наши дни.

1. Компьютерная оптика

В аспирантуре И.Н. Сисакян вместе с Евгением Львовичем Фейнбергом и Дмитрием Сергеевичем Чернавским опубликовал ряд теоретических работ, основанных на развитии гидродинамической теории Ландау. После защиты диссертации И.Н. Сисакян сменил тематику, сосредоточившись на оптике. Сотрудничество с группой профессора В.А. Сойфера [3] из Куйбышевского авиационного института привело к появлению нового научного направления, получившего название «компьютерная оптика» [4]. Элементы компьютерной оптики рассчитывались на основе решения обратной задачи дифракции и изготавливались методами микроэлектроники или на станках с ЧПУ.

И.Н. Сисакян организовал регулярные рабочие совещания по компьютерной оптике. По результатам первого совещания (Звенигород, 1986 г.) начал издаваться международный сборник «Компьютерная оптика» [5] под редакцией А.М. Прохорова и Е.П. Велихова. Сейчас это журнал, выходящий под редакцией В.А. Сойфера [6].

Первыми элементами компьютерной оптики стали элементы для произвольного преобразования формы волнового фронта [7-8]. Данные исследования продолжают новосибирские ученые из Института автоматики и электрометрии СО РАН в лаборатории, возглавляемой д.т.н. А.Г. Полещуком, создавшие, в частности, элемент для контроля асферической поверхности многометрового телескопа [9-10].

В 1988 году по инициативе И.Н. Сисакяна (решением Президиума АН СССР) был создан Куйбышевский филиал ЦКБ УП АН СССР во главе с В.А. Сойфером (с 1993 года – Институт систем обработки изображений РАН – ИСОИ РАН [11]). В 1992 году коллектив в составе И.Н. Сисакяна, В.А. Сойфера, В.П. Шорина, В.А. Барвинка, В.И.

Богдановича, В.И. Мордасова, А.Г. Цидулко был награжден Государственной премией России за выдающиеся достижения в области науки и техники («за разработку лазерных технологий и их внедрение при создании новой авиационно-космической техники»).

Под руководством И.Н.Сисакяна было защищено несколько кандидатских и докторских диссертаций в области компьютерной оптики. Кроме Москвы и Самары, компьютерная оптика развивается в Новосибирске, Петербурге, Черноголовке, Казани и Пензе. Ряд его учеников сейчас успешно работает за рубежом. И.Н. Сисакян поддерживал работы пензенский группы под руководством Г.И. Грейсуха как по градиентной, так и по дифракционной изображающей оптике [12-14], был рецензентом монографии [12].

2. Фокусаторы лазерного излучения

Первыми фокусаторами были осесимметричные элементы (дифракционные аксиконы), создающие соосный отрезок и окружность [15-16]. Контакт И.Н. Сисакяна с медиками привел к постановке задачи фокусировки лазерного излучения в крест для операции радиальной кератотомии [17]. Затем была поставлена задача синтеза фокусаторов в произвольную кривую в фокальной плоскости с заданным распределением интенсивности на кривой. Были созданы фокусаторы от видимого до миллиметрового диапазонов [18-24]. Рассмотрена задача фокусировки в плоские области и наклонные отрезки [25-28]. Фокусаторы исследовались теоретически и экспериментально [29-33]. Для создания фокусаторов была применена электронно-лучевая литография [34-35].

В 1989 г.фокусатор в поперечный отрезок с повышенным на краях распределением интенсивности был успешно испытан в США в Институте «Дженерал Моторос» для термоупрочнения стали с использованием трехкиловаттного лазера фирмы «Спектрофизикс». Лазерные технологии с применением фокусаторов излучения активно развиваются [36-37]. А методы расчета были использованы для фокусировки поверхностных электромагнитных волн [38-39].

3. Формирование световых пучков с замечательными свойствами

Созданные моданы пространственно разделяют поперечно-модовые составляющие лазерных пучков [40-42]. Исследования в этой области продолжаются, как с целью повышения чувствительности волоконных датчиков [43], так и для повышения пропускной способности и защиты данных в оптических линиях связи [44].

Одной из первых работ в области сингулярной оптики была статья [45], посвященная элементам, формирующим описываемые функциями Бесселя пучки. Затем предложен ряд элементов с уникальными свойствами [46-48]. Оптические антенны формируют излучение в форме лепестков, сохраняющих свою форму и угол распространения на больших расстояниях. Это позволило создать светотехнические устройства разнообразного назначения [49-53].

4. Распространение оптического излучения в неоднородных средах

Для решения задач распространения излучения в неоднородных средах И.Н. Сисакян предложил использовать идеологии и методы квантовой теории (квантовой теории поля, квантовой статистики, квантовой механики), в частности, использование когерентных состояний и интегралов движения для описания распространения световых пучков в градиентных продольно-неоднородных световодах [54-55]. Это позволило исследовать физику волновых процессов как в оптических волноводах, так и в естественных волноводных каналах [56-58]. И.Н. Сисакяном и его учениками была показана эффективность применения представления когерентных состояний в задачах распространения частично-когерентного излучения в неоднородных средах [59-61]. Квантово-теоретические методы были применены также для исследования эффектов непараксиальности [62-66] и эффектов деполяризации [67-69] излучения в градиентных средах. В работах [70-73] эти методы использованы для рассмотрения эффектов спин-орбитального взаимодействия света в оптических волноводах с цилиндрической симметрией.

5. Автоматизация научных исследований

Большое внимание И.Н. Сисакян уделял развитию информационных технологий и автоматизации научных исследований, оптическому приборостроению. Подготовленный им к печати второй выпуск международного сборника «Компьютерная оптика» был полностью посвящен проблемам автоматизации научных исследований [74]. Он ставил и организовывал решение задач вычислительного [75-76] и оптического [77] экспериментов, уделял существенное внимание развитию асимптотических методов компьютерной оптики [78-79]. По всем этим направлениям исследования осуществляются и до настоящего времени [80-82]. Работы в области оптического приборостроения продолжаются и в НТЦ УП РАН, и в ИСОИ РАН. Например, разработка изображающих гиперспектрометров: на основе акустооптики – в НТЦ УП РАН [83], на основе спектральных фильтров и дифракционных оптических элементов – в ИСОИ РАН [84-86].

Заключение

Практическое применение элементов компьютерной оптики в современных цифровых камерах потребовало подавления спектральной и угловой зависимости их дифракционной эффективности. Различные аспекты решения этой задачи были представлены, в частности, в работах: [87-89] Полученные результаты позволили определить условия, при которых добиться высокого качества изображения (и, в частности отсутствия гало), можно, используя в оптической системе элементы с однослойной или двухслойной рельефно-фазовой микроструктурой.

Современные вычислительные и технологические возможности позволили коллегам и ученикам И.Н. Сисакяна перейти от задач дифракционной оптики к проблемам дифракционной нанофотоники [90-93]. При этом их результаты открывают перспективы решения одной из основных задач компьютерной оптики – реализацию оптических

вычислений [94-97] и закладывают интеллектуальные основы перспективных информационных технологий [98].

Литература

1. ПРЫЖОК ПЕРЕКАТОМ. Памяти профессора И.Н. Сисакяна / Под ред. В.А. Сойфера и В.Ю. Хомича. – Дубна: ОИЯИ, 2005. – 86 с.
2. Казанский, Н.Л. 70 лет профессору Иосифу Норайровичу Сисакяну / Н.Л. Казанский // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва – 2008 – 2 (15)–С. 9-34.
3. Соколов, В.О. 70 лет члену-корреспонденту РАН Виктору Александровичу Сойферу / В.О. Соколов // Известия Самарского научного центра. – 2015. – Т. 17, № 2-1. – С. 243-247.
4. Сисакян, И.Н. Компьютерная оптика. Достижения и проблемы / И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 1987. – № 1. – С. 5-19.
5. Коломиец, Э.И. Юбилей журнала «Компьютерная оптика» / Э.И. Коломиец // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. – 2013. – № 3 (32). – С. 7-20.
6. Сойфер, В.А. Quo vadis / В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 4. – С. 589.
7. Голуб, М.А. Получение асферических волновых фронтов при помощи машинных голограмм / М.А. Голуб, Е.С. Живописцев, С.В. Карпеев, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Доклады Академии наук СССР. – 1980. – Т. 253, № 5. – С. 1104-1108.
8. Голуб, М.А. Формирование эталонных волновых фронтов элементами компьютерной оптики / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 1990. – № 7. – С. 3-26.
9. Poleshchuk, A.G. Aspherical wavefront shaping with combined computer generated holograms / A.G. Poleshchuk, R.K. Nasyrov // Optical Engineering. – 2013. – Vol. 52(9). – 091709.
10. Poleshchuk, A.G. Diffraction technique for testing the resolution and sensitivity of Hartmann and Shack–Hartmann sensors / A.G. Poleshchuk, A.G. Sedukhin // Opt. Lett. – 2015 – V. 40(21), P. 5050–5053.
11. Соколов, В.О. Юбилей Института систем обработки изображений РАН / В.О. Соколов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2013. – Т. 15, № 6-1. – С. 7-17.
12. Грейсух, Г.И. Оптика градиентных и дифракционных элементов / Г.И. Грейсух, И.М. Ефименко, С.А. Степанов. – М.: Радио и связь, 1990. – 136 с.
13. Greisukh, G.I. Optics of diffractive and gradient-index elements and systems / G.I. Greisukh, S.T. Bobrov, S.A. Stepanov. - Bellingham: SPIE Press, 1997. – 414 p.
14. Greisukh, G.I. Design of plastic diffractive–refractive compact zoom lenses for visible–near-IR spectrum / G.I. Greisukh, E.G. Ezhov, Z.A. Sidiyakina, S.A. Stepanov // Applied Optics. – 2013. – V. 52(23). – P. 5843-5850.
15. Голуб, М.А. Фокусировка когерентного излучения в заданную область пространства с помощью синтезированных на ЭВМ голограмм / М.А. Голуб, С.В. Карпеев, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Письма в Журнал технической физики. – 1981. – Т. 7, № 10. – С. 618-623.
16. Голуб, М.А. Машинный синтез фокусирующих элементов для СО₂-лазера / М.А. Голуб, В.П. Дегтярева, А.Н. Климов, В.В. Попов, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Письма в ЖТФ. – 1982. – Т. 8, № 8. – С. 449-451.
17. Акопян, В.С. Использование плоских неаксиально-симметричных фокусаторов в лазерной офтальмохирургии / В.С. Акопян, Ю.К. Данилейко, В.А. Данилов, Л.П. Наумиди, В.В. Попов, И.Н. Сисакян // Квантовая электроника. – 1985. – Т.12, №2. – С. 401-402.
18. Данилов, В.А. Синтез оптических элементов, создающих фокальную линию произвольной формы / В.А. Данилов, В.В. Попов, А.М. Прохоров, Д.М. Сагателян, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Письма в Журнал технической физики. – 1982. – Т. 8, № 13. – С. 810-815.
19. Данилов, В.А. Оптические элементы, фокусирующие когерентное излучение в произвольную фокальную линию / В.А. Данилов, В.В. Попов, А.М. Прохоров, Д.М. Сагателян, Е.В. Сисакян, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Препринт ФИАН СССР №69. – М.: 1983.
20. Гончарский, А.В. Решение обратной задачи фокусировки лазерного излучения в произвольную кривую / А.В. Гончарский, В.А. Данилов, В.В. Попов, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер, В.В. Степанов // Доклады АН СССР. –1983. – Т. 273, №3, – С.605-608.
21. Гончарский, А.В. Фокусаторы лазерного излучения, падающего под углом / А.В. Гончарский, В.А. Данилов, В.В. Попов, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер, В.В. Степанов // Квантовая электроника. – 1984. – Т. 11, №1, – С. 166-168.
22. Гончарский, А.В. Плоские фокусирующие элементы видимого диапазона / А.В. Гончарский, В.А. Данилов, В.В. Попов, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер, В.В. Степанов // Квантовая электроника. – 1986. –Т. 13, №3. – С. 660-662.

23. Булатов, Е.Д. Фокусаторы миллиметрового диапазона / Е.Д. Булатов, Е.А. Виноградов, С.А. Гридин, В.И. Голованов, А.А. Даниленко, В.А. Данилов, Н.А. Ирисова, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян // Квантовая электроника. – 1989. – Т. 16, №1. – С. 170-172.
24. Golub, M.A. Infra-red radiation focusators / M.A. Golub, I.N. Sisakian, V.A. Soifer // Optics and Lasers in Engineering. – 1991. – Vol. 15(5). – P. 297-309.
25. Гончарский, А.В. Об одной обратной задаче синтеза оптических элементов / А.В. Гончарский, В.А. Данилов, В.В. Попов, И.Н. Сисакян, В.В. Степанов // Доклады АН СССР. – 1986. – Т. 291, №3. – С.591-595.
26. Данилов, В.А. Фокусаторы в отрезок, составляющий произвольный угол с оптической осью / В.А. Данилов, К.А. Кулькин, И.Н. Сисакян // Компьютерная оптика. – 1992. – № 10-11. – С. 48-68.
27. Досколович, Л.Л. Фокусировка лазерного излучения на трехмерную поверхность вращения / Л.Л. Досколович, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер, С.И. Харитонов // Компьютерная оптика. – 1992. – № 12. – С. 8-14.
28. Данилов, В.А. Фокусаторы в фигуры, составленные из пространственных кривых / В.А. Данилов, К.А. Кулькин, И.Н. Сисакян // Компьютерная оптика. – 1993. – № 13. – С. 3-11.
29. Данилов, В.А. Теория когерентных фокусаторов / В.А. Данилов, Б.Е. Кинбер, А.В. Шишлов // Компьютерная оптика. – 1987. – № 1. – С. 40-52.
30. Данилов, В.А. Исследование влияния искажений интенсивности освещающего пучка на работу фокусаторов / В.А. Данилов, М.В. Дубов // Компьютерная оптика. – 1987. – № 1. – С. 52-67.
31. Гончарский, А.В. Фокусирующие элементы для лазерной обработки материалов / А.В. Гончарский, В.А. Данилов, В.В. Попов, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер, В.В. Степанов // Письма в ЖТФ. – 1985. – Т. 11, вып.23, – С. 1428-1432.
32. Агешин, С.Ф. Применение фокусаторов в задачах лазерной обработки материалов / С.Ф. Агешин, А.А. Азаров, В.В. Попов, И.Н. Сисакян // Компьютерная оптика. – 1988. – № 3. – С. 91-93.
33. Данилов, В.А. Дифракционные фокусаторы луча для технологических CO₂-лазеров / В.А. Данилов, П.Е. Дубовский, И.Б. Ковш, М.В. Политов, И.Н. Сисакян // Научное приборостроение. – 1993. – Т. 3, №1. – С. 64-71.
34. Babin S.V. Data preparation and Fabrication of DOE using Electron-beam Lithography / S.Babin, V. Danilov // Optics and Lasers in Engineering. – 1998. – Vol. 29(4-5). – P. 307-324.
35. Babin S.V. Variable shaped electron-beam lithography application to subwavelength and computer generated diffractive optics fabrication / S.V.Babin, V.A.Danilov // J.Vac.Sci.Technol. – 1995. – B13(6). 1995, – P.2767.
36. Казанский, Н.Л. Формирование лазерного излучения для создания наноразмерных пористых структур материалов / Н.Л. Казанский, С.П. Мурзин, А.В. Меженин, Е.Л. Осетров // Компьютерная оптика. – 2008. – Т. 32, № 3. – С. 246-248.
37. Казанский, Н.Л. Оптическая система для проведения селективной лазерной сублимации компонентов металлических сплавов / Н.Л. Казанский, С.П. Мурзин, В.И. Трегуб // Компьютерная оптика. – 2010. – Т. 34, № 4. – С. 481-486.
38. Безус, Е.А. Расчет дифракционных структур для фокусировки поверхностных электромагнитных волн / Е.А. Безус, Л.Л. Досколович, Н.Л. Казанский, В.А. Сойфер, С.И. Харитонов, М. Пицци, П. Перло // Компьютерная оптика. – 2009. – Т. 33, № 2. – С. 185-192.
39. Bezus, E.A. Low-scattering surface plasmon refraction with isotropic materials / E.A. Bezus, L.L. Doskolovich, N.L. Kazanskiy // Optics Express. – 2014. – Vol. 22(11). – P. 13547-13554.
40. Голуб, М.А. Синтез пространственных фильтров для исследования поперечного модового состава когерентного излучения / М.А. Голуб, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Квантовая электроника. – 1982. – Т. 9, № 9. – С. 1866-1868.
41. Петров, Н.И. Элементы компьютерной оптики в диагностике дисперсных систем / Н.И. Петров, И.Н. Сисакян, В.С. Сысоев // Компьютерная оптика.-1988.- № 3.-С.97-99.
42. Сисакян, И.Н. Моданы - оптические элементы для анализа и формирования поперечно-модового состава лазерного излучения / И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 1989. – № 4. – С. 3-9.
43. Karpcev, S.V. Fibre sensors based on transverse mode selection / S.V. Karpcev, V.S. Pavelyev, S.N. Khonina, N.L. Kazanskiy, A.V. Gavrilov, V.A. Erolov // Journal of Modern Optics. – 2007. – Vol. 54(6). – P. 833-844.
44. Любобытов, В.С. Математическая модель полностью оптической системы детектирования параметров распространения мод в оптическом волокне при маломодовом режиме для адаптивной компенсации смещения мод / В.С. Любобытов, А.З. Тлявлин, А.Х. Султанов, В.Х. Багманов, С.Н. Хонина, С.В. Карпеев, Н.Л. Казанский // Компьютерная оптика. – 2013. – Т. 37, № 3. – С. 352-359.
45. Березный, А.Е. Бессель-оптика / А.Е. Березный, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // Доклады АН СССР. – 1984. – Т. 274, № 3. – С. 623-627.
46. Котляр, В.В. Бездифракционные асимметричные элегантные пучки Бесселя с дробным орбитальным угловым моментом / В.В. Котляр, А.А. Ковалёв, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 1. – С. 4-10.

47. Котляр, В.В. Вращающиеся элегантные пучки Бесселя–Гаусса / В.В. Котляр, А.А. Ковалёв, Р.В. Скиданов, В.А. Соيفер // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 162-170.
48. Ковалёв, А.А. Пучки Лагерра–Гаусса с комплексным смещением в декартовых координатах / А.А. Ковалёв, В.В. Котляр, С.Г. Засканов, Д.С. Калинкина // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 1. – С. 5-11.
49. Голуб, М.А. Синтез оптической антенны / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Соифер // Компьютерная оптика. – 1987. – № 1. – С. 35-40.
50. Казанский, Н.Л. Моделирование светотехнических устройств с ДОО / Н.Л. Казанский, В.А. Соифер, С.И. Харитонов // Компьютерная оптика. – 1995. – № 14-15-2. – С. 107-116.
51. Досколович, Л.Л. Проектирование светотехнических устройств с ДОО / Л.Л. Досколович, Н.Л. Казанский, С.И. Харитонов // Компьютерная оптика. – 1998. – № 18. – С. 91-96.
52. Дмитриев, А.Ю. Аналитический расчёт преломляющих оптических элементов для формирования однопараметрических диаграмм направленности / А.Ю. Дмитриев, Д.Л. Досколович, Л.Л. Досколович, Н.Л. Казанский // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 207-212.
53. Doshkolovich, L.L. Design of mirrors for generating prescribed continuous illuminance distributions on the basis of the supporting quadric method / L.L. Doshkolovich, K.V. Borisova, M.A. Moiseev, N.L. Kazanskiy // Applied Optics. – 2016. – Vol. 55(4). – P. 687-695.
54. Кривошлыков, С.Г. Когерентные состояния и распространение света в неоднородных средах / С.Г. Кривошлыков, И.Н. Сисакян // Квантовая электроника, 1980. – Т.7, вып. 3. – С. 553-565.
55. Krivoshlykov, S.G. Mode energy transformation between two connected multimode general square-law-index optical waveguides / S.G. Krivoshlykov, N.I. Petrov, I.N. Sisakyan // Optical and Quantum Electr.-1983.-V.15.-P.193-207.
56. Петров, Н.И. Нелинейно-волновые явления в канале молнии / Н.И. Петров, И.Н. Сисакян, А.Б. Шварцбург // Компьютерная оптика.-1989.-В.6.-С.54-62.
57. Петров, Н.И. Излучение молниевых разрядов / Н.И. Петров, И.Н. Сисакян // Компьютерная оптика.-1993.-№13.-С.65-75.
58. Петров, Н.И. Распространение локализованных волновых пучков в волноводе Земля-ионосфера / Н.И. Петров, И.Н. Сисакян // Радиотехника и электроника.-1994.-Т.39, В.10.-С.1576-1586.
59. Кривошлыков, С.Г. Пространственная когерентность оптических полей в продольно-неоднородных средах с квадратичным профилем показателя преломления / С.Г. Кривошлыков, Н.И. Петров, И.Н. Сисакян // Квантовая электроника.-1985.-Т.12, №3.-С.501-515.
60. Кривошлыков, С.Г. Возбуждение мод волноводов с квадратичным профилем показателя преломления частично-когерентными источниками излучения / С.Г. Кривошлыков, Н.И. Петров, И.Н. Сисакян // ЖТФ.-1985.-Т.55, №9.-С.1763-1772.
61. Krivoshlykov, S.G. Density-matrix formalism for partially coherent optical fields propagating in slightly inhomogeneous media / S.G. Krivoshlykov, N.I. Petrov, I.N. Sisakyan // Opt.and Quant.Electr.-1986.-V.18.-P.253-264.
62. Кривошлыков, С.Г. Коррелированные когерентные состояния и распространение произвольных гауссовых пучков в продольно-однородных квадратичных средах с поглощением или усилением / С.Г. Кривошлыков, Н.И. Петров, И.Н. Сисакян // Квантовая электроника.-1986.- т.13, №7.-С.1424-1436.
63. Krivoshlykov, S.G. Propagation and focusing of nonparaxial Gaussian beams with spherical wave fronts in graded-index waveguides with polynomial profiles / S.G. Krivoshlykov, E.G. Sauter // JOSA A. – 1993. – Vol. 10(2). – P. 262-268.
64. Petrov, N.I. Focusing of beams into subwavelength area in an inhomogeneous medium / N.I. Petrov // Optics Express. – 2001. – Vol. 9(12).- P. 658-673.
65. Petrov, N.I. Macroscopic quantum effects for classical light / N.I. Petrov // Phys. Rev. A.- 2014.- Vol. 90.- 043814.
66. Petrov, N.I. Remote focusing of a light beam / N.I. Petrov // Laser Physics Letters.- 2016.- Vol.13.- 015101.
67. Петров, Н.И. Эволюция поляризации в изотропной неоднородной среде / Н.И. Петров // ЖЭТФ.- 1997.-Т.112, В.6(12).- С.1985-2000.
68. Petrov, N.I. Evolution of Berry's phase in a graded-index medium / N.I. Petrov // Phys. Letts. A.-1997.- V.234.- P.239-250.
69. Petrov, N.I. Depolarization of light in a graded-index isotropic medium / N.I. Petrov // J. Mod. Opt.- 1996.-v.43, No.11.-P.2239-2249.
70. Petrov, N.I. Beam shift in a graded-index optical fiber / N.I. Petrov // J. Opt.- 2013.- Vol. 15.- 014011.
71. Petrov, N.I. Splitting of levels in a cylindrical dielectric waveguide / N.I. Petrov // Optics Letters.- 2013.- Vol. 38.- P.2020 -2022.
72. Petrov, N.I. Spin-orbit and tensor interactions of light in inhomogeneous isotropic media / N.I. Petrov // Phys. Rev. A. - 2013.- Vol. 88.- 023815.

73. Petrov, N.I. Spin-dependent transverse force on a vortex light beam in an inhomogeneous medium / N.I. Petrov // *Pis'ma v ZhETF.*- 2016.- Vol. 103, iss.7.- P. 504-509.
74. Булатов, Е.Д. Персональные компьютеры в автоматизации научных исследований / Е.Д. Булатов, Е.А. Отливанчик, М.А. Отливанчик, И.Н. Сисакян, В.А. Суворов // *Компьютерная оптика.* – 1987. – № 2. – С. 35-41.
75. Голуб, М.А. Вычислительный эксперимент с элементами
76. плоской оптики / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Соيفер // *Автометрия.* – 1988. – № 1. – С. 70-82.
77. Голуб, М.А. Вычислительный эксперимент с фокусатором Гауссова пучка в прямоугольнике с постоянной интенсивностью / М.А. Голуб, Л.Л. Досколович, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Соифер, С.И. Харитонов // *Компьютерная оптика.* – 1990. – № 7. – С. 42-49.
78. Арефьев, Е.Ю. Экспериментальное исследование плоского оптического элемента, фокусирующего в кольцо / Е.Ю. Арефьев, В.А. Гилев, М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, С.В. Карпеев, И.Н. Сисакян, В.А. Соифер, В.С. Соловьев, Д.Н. Тихонов, Г.В. Уваров // *Компьютерная оптика.* – 1989. – № 5. – С. 49-54.
79. Голуб, М.А. Дифракционный расчет оптического элемента, фокусирующего в кольцо / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Соифер, С.И. Харитонов // *Автометрия.* – 1987. – № 6. – С. 8-15.
80. Голуб, М.А. Оценка дифракционного размытия фокальной линии геометрооптических фокусаторов / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Соифер, С.И. Харитонов // *Компьютерная оптика.* – 1989. – № 5. – С. 34-38.
81. Golovashkin, D.L. Solving Diffractive Optics Problem using Graphics Processing Units / D.L. Golovashkin, N.L. Kazanskiy // *Optical Memory and Neural Networks (Information Optics).* – 2011. – Vol. 20(2). – P. 85-89.
82. Khonina, S.N. Vortex phase elements as detectors of polarization state / S.N. Khonina, D.A. Savelyev, N.L. Kazanskiy // *Optics Express.* – 2015. – Vol. 23(14). – P. 17845-17859.
83. Харитонов, С.И. Дифференциальный метод расчёта дифракции рентгеновских лучей на кристалле: скалярная теория / С.И. Харитонов, С.Г. Волоотовский, С.Н. Хонина, Н.Л. Казанский // *Компьютерная оптика.* – 2015. – Т. 39, № 4. – С. 469-479.
84. Pozhar, V.E. Double AOTF Spectral Imaging System / V.E. Pozhar, V.I. Pustovoit, I.B. Kutuza, A.V. Perchik, M.M. Mazur, V.N. Shorin // *Proceedings of SPIE.* – 2005. – Vol. 5953. – P. 200-203.
85. Казанский, Н.Л. Моделирование работы гиперспектрометра, основанного на схеме Оффнера, в рамках геометрической оптики / Н.Л. Казанский, С.И. Харитонов, А.В. Карсаков, С.Н. Хонина // *Компьютерная оптика.* – 2014. – Т. 38, № 2. – С. 271-280.
86. Казанский, Н.Л. Моделирование гиперспектрометра на спектральных фильтрах с линейно-изменяющимися параметрами с использованием векторных Бесселевых пучков / Н.Л. Казанский, С.И. Харитонов, С.Н. Хонина // *Компьютерная оптика.* – 2014. – Т. 38, № 4. – С. 770-776.
87. Казанский, Н.Л. Моделирование работы космического гиперспектрометра, основанного на схеме Оффнера / Н.Л. Казанский, С.И. Харитонов, Л.Л. Досколович, А.В. Павельев // *Компьютерная оптика.* – 2015. – Т. 39, № 1. – С. 70-76.
88. Greisukh, G.I. Comparison of electromagnetic and scalar methods for evaluation of efficiency of diffractive lenses for wide spectral bandwidth / Greisukh G.I., Danilov V.A., Ezhov E.G., Levin I.A., Stepanov S.A., Usievich B.A. // *Optics Communication.* 2015. V.338. P.54-57.
89. Грейсух, Г.И. Спектральная и угловая зависимости эффективности дифракционных линз с двухрельфной и двухслойной микроструктурой / Грейсух Г.И., Данилов, В.А., Ежов Е.Г., Степанов С.А., Усиевич Б.А. // *Оптический журнал.* 2015. Т.82, №5. С.56-61.
90. Грейсух, Г.И. Спектральная и угловая зависимости эффективности рельефно-фазовых дифракционных линз с двух- и трехслойными микроструктурами / Грейсух Г.И., Данилов, В.А., Ежов Е.Г., Степанов С.А., Усиевич Б.А. // *Оптика и спектроскопия,* 2015. Т.118, №6. С.997-1004.
91. Соифер, В.А. Дифракционная оптика и нанофотоника / В.А. Соифер // *Компьютерная оптика.* – 2008. – Т. 32, № 2. – С. 110-118.
92. Соифер, В.А. Дифракционные оптические элементы в устройствах нанофотоники / В.А. Соифер, В.В. Котляр, Л.Л. Досколович // *Компьютерная оптика.* – 2009. – Т. 33, № 4. – С. 352-368.
93. Petrov, N.I. Subwavelength diffractive color beam combiner / N.I. Petrov, V.G. Nikitin, V.A. Danilov, V.V. Popov, and B.A. Usievich // *Applied Optics.* – 2014. – Vol. 53(25). – P. 5740-5744.
94. Krivoslykov, S.G. Holographic recording of infrared diffractive optics based on ZnSe material / S.G. Krivoslykov // *Applied Optics.*- 2015.- Vol. 54(12).-P. 3569-3575.
95. Kazanskiy, N.L. Use of photonic crystal cavities for temporal differentiation of optical signals / N.L. Kazanskiy, P.G. Serafimovich, S.N. Khonina // *Optics Letters.* – 2013. – Vol. 38(7). – P. 1149-1151.
96. Kazanskiy, N.L. Coupled-resonator optical wave-guides for temporal integration of optical signals / N.L. Kazanskiy, P.G. Serafimovich // *Optics Express.* – 2014. – Vol. 22(11). – P. 14004-14013.

97. Bykov, D.A. Optical computation of the Laplace operator using phase-shifted Bragg grating / D.A. Bykov, L.L. Doskolovich, E.A. Bezus, V.A. Soifer // *Optics Express*. – 2014. – Vol. 22(21). – P. 25084-25092.
98. Головастиков, Н.В. Пространственное интегрирование оптических пучков с использованием многослойных брэгговских структур / Н.В. Головастиков, Д.А. Быков, Л.Л. Досколович // *Компьютерная оптика*. – 2014. – Т. 38, № 3. – С. 372-376.
99. Сойфер, В.А. Дифракционная нанофотоника и перспективные информационные технологии / В.А. Сойфер // *Вестник Российской академии наук*. – 2014. – Т. 84. № 1. – С. 11-24.