

Компьютерная оптика и научное приборостроение

В.А. Данилов¹

¹Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН, Бутлерова, 15, Москва, Россия, 117342

Аннотация

В докладе представлен обзор работ в области оптического приборостроения, инициированных развитием научного направления "дифракционная компьютерная оптика". Анализируются как устройства, разработанные для формирования и контроля дифракционного микрорельефа, так и оптические приборы, создание которых стало возможно благодаря появлению новых типов оптических элементов - фокусаторов, компенсаторов, моданов, оптических антенн, элементов Бессель-оптики и др. Это - лазерные технологические установки, приборы оптического контроля, оптические датчики, системы лазерной записи, системы технического зрения и изображающие оптические системы, в том числе гиперспектральные, светодиодные приборы, устройства для вращения и перемещения микрочастиц.

Ключевые слова

Дифракционная оптика, формирование дифракционного микрорельефа, лазерная запись, оптический датчик, микроманипулирование, гиперспектрометр

С самого зарождения в начале 80-х годов прошлого века научного направления "компьютерная оптика" ученые, работающие в этой области, не только решали обратные задачи теории дифракции и создавали новые оптические элементы, но и много внимания уделяли разработке устройств, использующих дифракционные оптические элементы [1-4]. Работы в области оптического приборостроения активизировали после того как профессор Иосиф Норайрович Сисакян [5] возглавил Центральное конструкторское бюро уникального приборостроения АН СССР (ЦКБ УП) и организовал филиал ЦКБ УП в Куйбышеве, который возглавил профессор Виктор Александрович Сойфер [6]. ЦКБ УП входило в МНТК "Научные приборы", возглавляемый членом-корреспондентом АН СССР Максимом Леонидовичем Александровым, который инициировал исследования по разработке устройств для анализа распределения микрочастиц по размерам [7-8] и контроля оптических поверхностей [9-11].

Большой вклад в развитие дифракционной компьютерной оптики внесли ученые Института автоматизации и электрометрии СО РАН, совместно со своими коллегами из Конструкторско-технологического института научного приборостроения СО РАН разработавшие и наладившие выпуск станций лазерной записи [12] - прецизионного и быстродействующего устройства, обеспечивающего создание высокоапертурных (до 30 см в диаметре) дифракционных оптических элементов (ДОЭ). Эта система поставлена в ведущие оптические центры многих стран и показала свою эффективность [13]. Современные варианты станции лазерной записи позволяют записывать на трехмерных осесимметричных поверхностях [14], вместо записи шаблона напрямую формировать рельеф в фоторезисте [15], что обеспечило создание перспективных изображающих гиперспектрометров по схеме Оффнера [16] и сверхкомпактных объективов на основе гармонических линз [17].

Интересными направлениями применения моданов и Бессель-оптики [18] являются разработки оптических датчиков [19] и устройств для манипулирования микрочастицами [20], а оптических антенн [21] - в светотехнических приборах [22].

Литература

- [1] Голуб, М.А. Устройство для возбуждения мод когерентного излучения / М.А. Голуб, С.В. Карпеев, С.Г. Кривошлыков, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Соيفер // Авторское свидетельство СССР № 1275348 А1, 07.12.1986. Заявка № 3816469 от 06.11.1984.
- [2] Прохоров, А.М. Способ фокусировки монохроматического излучения и устройство для его осуществления / А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, М.А. Голуб, В.А. Соيفер, С.В. Карпеев // Авторское свидетельство СССР № 1302233 А1, 07.04.1987. Заявка № 3408156 от 09.03.1982.
- [3] Гончарский, А.В. Устройство для фокусировки оптического излучения в отрезок прямой (его варианты) / А.В. Гончарский, В.А. Данилов, В.В. Попов, И.Н. Сисакян, В.А. Соيفер, В.В. Степанов // Авторское свидетельство СССР № 1303960 А1, 15.04.1987. Заявка № 3773603 от 19.07.1984.
- [4] Гончарский, А.В. Установка для маркировки изделий / А.В. Гончарский, В.А. Данилов, В.В. Попов, И.Н. Сисакян, В.А. Соيفер, В.В. Степанов // Авторское свидетельство СССР № 1303977 А1, 15.04.1987. Заявка № 3793102 от 26.09.1984.
- [5] Казанский, Н.Л. 70 лет профессору Иосифу Норайровичу Сисакяну // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королева. – 2008. – № 2(15). – С. 9-34.
- [6] Krasnikov, G. 75th anniversary of Academician of the RAS Victor Alexandrovich Soifer // International Conference on Information Technology and Nanotechnology (ITNT). IEEE Publisher. – 2020. – P. 1-11. DOI: 10.1109/ITNT49337.2020.9253283.
- [7] Васильев, Е.Д. Устройство для определения размеров микрочастиц / Е.Д. Васильев, В.В. Котляр, В.А. Соифер // Авторское свидетельство SU 1689770 А1, 07.11.1991. Заявка № 4675512 от 11.04.1989.
- [8] Васильев, Е.Д. Устройство для определения функции распределения частиц по размерам / Е.Д. Васильев, В.В. Котляр, В.А. Соифер // Авторское свидетельство SU 1689800 А1, 07.11.1991. Заявка № 4675454 от 11.04.1989.
- [9] Голуб, М.А. Устройство для контроля оптических асферических поверхностей / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, И.Н. Сисакян, В.А. Соифер // А.с. СССР № 1516767 А1. Бюлл. изобретений. Заявка № 4145026 от 05.11.1986. – 1989. – № 39.
- [10] Котляр, В.В. Интерферометр для контроля плоскостности отражающих поверхностей / В.В. Котляр, В.А. Соифер, А.Г. Храмов // Авторское свидетельство SU 1744452 А1, 30.06.1992. Заявка № 4888555 от 07.12.1990.
- [11] Котляр, В.В. Интерферометр для контроля плоскостности отражающих поверхностей / В.В. Котляр, В.А. Соифер, А.Г. Храмов // Авторское свидетельство SU 1760312 А1, 07.09.1992. Заявка № 4888593 от 07.12.1990.
- [12] Poleshchuk, A.G. Polar Coordinate Laser Pattern Generator for Fabrication of Diffractive Optical Elements with Arbitrary Structure / A.G. Poleshchuk, E.G. Churin, V.P. Koronkevich, V.P. Korolkov, A.A. Kharissov, V.V. Cherkashin, V.P. Kiryanov, A.V. Kiryanov, S.A. Kokarev, A.G. Verhoglyad // Applied Optics. – 1999. – Vol. 38(8). – P. 1295-1301. DOI: 10.1364/AO.38.001295.
- [13] Казанский, Н.Л. Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики // Компьютерная оптика. – 2006. – № 29. – С. 58-77.
- [14] Ведерников, В.М. Лазерный генератор изображений для синтеза микрорельефа дифракционных оптических элементов на трехмерных осесимметричных поверхностях / В.М. Ведерников, А.Г. Верхогляд, В.М. Гуренко, Л.Б. Касторский, А.В. Кирьянов, В.П. Кирьянов, С.А.Кокарев, А.Р. Саметов // Автометрия. – 2004. – № 2. – С. 46-58.
- [15] Корольков, В.П. Новые методы изготовления высокоапертурных компьютерно-синтезированных голограмм для формирования эталонных волновых фронтов в интерферометрии / В.П. Корольков, Р.К. Насыров, А.Г. Седухин, Д.А. Белоусов, Р.И. Куц // Автометрия. – 2020. – Т. 56, № 2. – С. 42-54.

- [16] Kazanskiy, N. An Airborne Offner Imaging Hyperspectrometer with Radially-Fastened Primary Elements / N. Kazanskiy, N. Ivliev, V. Podlipnov, R. Skidanov // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20(12). – P. 3411. DOI: 10.3390/s20123411.
- [17] Skidanov, R. Compact Imaging Systems Based on Annular Harmonic Lenses / R. Skidanov, Y. Strelkov, S. Volotovskiy, V. Blank, S. Ganchevskaya, V. Podlipnov, N. Ivliev, N. Kazanskiy // *Sensors*. – 2020. – Vol. 20(14). – P. 3914. DOI: 10.3390/s20143914.
- [18] Сисакян, И.Н. Компьютерная оптика. Достижения и проблемы / И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // *Компьютерная оптика*. – 1987. – № 1. – С. 5-19.
- [19] Казанский, Н.Л. Достижения в разработке плазмонных волноводных датчиков для измерения показателя преломления / Н.Л. Казанский, М.А. Бутт, С.А. Дегтярев, С.Н. Хонина // *Компьютерная оптика*. – 2020. – Т. 44, № 3. – С. 295-318. DOI: 10.18287/2412-6179-СО-743.
- [20] Сойфер, В.А. Оптическое манипулирование микрообъектами: достижения и новые возможности, порожденные дифракционной оптикой / В.А. Сойфер, В.В. Котляр, С.Н. Хонина // *Физика элементарных частиц и атомного ядра*. – 2004. – Т. 35, № 6. – С. 1368-1432.
- [21] Голуб, М.А. Синтез оптической антенны / М.А. Голуб, Н.Л. Казанский, А.М. Прохоров, И.Н. Сисакян, В.А. Сойфер // *Компьютерная оптика*. – 1987. – № 1. – С. 35-40.
- [22] Казанский, Н.Л. Применение ДОЭ в светотехнических устройствах // *Методы компьютерной оптики*. – М.: Физматлит, 2000. – С. 580-596.