А.Г. Ефремов1,2, П.А. Руди1,2, Г.С. Рогожников2

*1Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова (филиал), Саров, Нижегородская обл.*

*2Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский*

*институт экспериментальной физики, Саров, Нижегородская обл.*

**ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ИЗЛУЧЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО**

**ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН**

Проведены экспериментальные и теоретические исследования размера и качества поперечного пространственного профиля пучка непрерывного терагерцового излучения с длиной волны 2,14 мм (ширина линии 2 ГГц) при прохождении через линзы, изготовленные из материалов PTFE и TPX, а также системы из двух и трех линз с вариабельным положением одной из них для создания эффекта «zoom» в дальнем поле (~100-300 м). Исследование направлено на рассмотрение возможности создания ТГц-лидара дальнего действия.

A.G. EFREMOV1,2, P.A. RUDI1,2, G.S. ROGOZHNIKOV2

*1Sarov Branch of Lomonosov Moscow State University, Nizhny Novgorod region*

*2All-Russian Research Institute of Experimental Physics, Sarov, Nizhny Novgorod region*

**AN OPTICAL SYSTEM FOR CONTROLLING THE SPATIAL CHARACTERISTICS OF RADIATION IN THE MILLIMETER WAVELENGTH RANGE**

Experimental and theoretical studies have been carried out on the size and quality of the transverse spatial profile of a beam of continuous terahertz radiation with a wavelength of 2.14 mm (line width 2 GHz) when passing through lenses made of PTFE, TPX material, as well as a system of two and three lenses with a variable position of one of them to create a "zoom" effect in in the far field (~100-300 m). The study is aimed at considering the possibility of creating a long-range THz lidar.

В настоящее время терагерцовое излучение находит все больше применений в разработке сенсоров и лидаров ближнего действия в связи с высокой проницаемостью в данном диапазоне бытовых конструкционных материалов, таких как бумага, древесина, полимеры и т.п., а также в связи с характерными спектральными особенностями в этом диапазоне у взрывчатых, наркотических и биологически опасных веществ. Отсутствие лидаров дальнего действия очевидно обусловлено проблемами, связанными с сильным поглощением ТГц излучения водой и водяным паром, а также высокой дифракционной расходимостью. Однако, в [1] говорится о возможности передачи оцифрованного ТГц сигнала на расстояния до 300 м, а в [2] получены однопериодные ТГц импульсы с энергией 50 мкДж и частотой 0,19 ТГц, попадающей в окно прозрачности атмосферы, чего достаточно для реализации дальнего зондирования. Таким образом видно, что создание ТГц лидаров дальнего действия практически возможно. Неотъемлемой и одной из самых важных частей ТГц лидара является оптическая система, позволяющая транспортировать пучок до объекта и собирать отраженное назад излучение. В данной работе представлены данные о разрабатываемой экспериментальной оптической линзовой системы для ТГц пучков миллиметрового диапазона частот, включая теоретическую модель, учитывающую волновые свойства излучения и влияния аберраций.

Посредством решения задачи на дифракцию, получена и смоделирована теоретическая модель расчёта положения перетяжки ТГц пучка в зависимости от параметров излучения и оптических элементов в системе. Также теоретически смоделирована и экспериментально подтверждена эволюция поперечного пространственного профиля пучка излучения после прохождения через линзу в зависимости от материала, из которого она изготовлена, а также эволюция попречного пространственного профиля излучения после прохождения через систему из двух или трех линз.

Проведены оценки пригодности использования линзового объектива в составе ТГц лидара дальнего действия; сделаны выводы об оптимальной конструкции и материале линз объектива.

*Список литературы*

1. Ахманов А.С., Ангелуц А.А., Балакин А.В., Назаров М.М., Ожередов И.А., Сапожников Д.А., Соколов В.И., Хайдуков Е.В., Шкуринов А.П., Панченко В.Я. Терагерцовая оптоэлектроника и ее применения // Современные лазерно-информационные технологии, серия Коллективная монография под редакцией академика В.Я. Панченко и профессора Ф.В. Лебедева, место издания Интерконтакт Наука Москва - 2014.- с.785-785;
2. Vuong H. Truong, Jacob Bouchard, and Douglas T. Petkie Multimodal sub-THz radar and LiDAR imaging for NDE Applications // 45th International Conference on Infrared, Millimeter and Terahertz Waves, Department of Physics, Worcester Polytechnic Institute, Worcester, MA, 01609 USA – 2020;
3. Yihong Yang; Mahboubeh Mandehgar; Daniel R. Grischkowsky Understanding THz Pulse Propagation in the Atmosphere // IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology, Vol. 2, Issue 4 – 2012 – pp.406-415;
4. A. V. Shchepetilnikov, P. A. Gusikhin, V. M. Muravev, B. D. Kaysin, G. E. Tsydynzhapov, A. A. Dremin, and I. V. Kukushkin Linear scanning system for THz imaging // Applied Optics Vol. 60, Issue 33 – 2021 – pp. 10448-10452;
5. V. E. Rogalin, I. A. Kaplunov and G. I. Kropotov Optical Materials for the THz Range // Optics and Spectroscopy 125(6) – 2018 – pp.1053-1064;
6. Matthew T. Reiten, Stacee A. Harmon, and Richard Alan Cheville Terahertz beam propagation measured through three-dimensional amplitude profile determination // Journal of the Optical Society of America B, Vol.20, Issue 10 - 2003 – pp. 2215-2225;
7. Sze Ho Phing, Anna Mazhorova, Mostafa Shalaby, Marco Peccianti, Matteo Clerici, Alessia Pasquazi, Yavuz Ozturk, Jalil Ali, Roberto Morandotti Sub-wavelength terahertz beam profiling of a THz source via an all-optical knife-edge technique // Sci Rep 5, 8551 (2015);
8. Miguel A. Baez-Chorro, Manel Uso-Izquierdo, Borja Vidal Accurate Beam Profile Characterization in THz Transmission Imaging Systems // IEEE Transactions on Terahertz Science and Technology – 2021- pp.(99):1-1;
9. Matthew T. Reiten, Stacee A. Harmon, and Richard Alan Cheville Terahertz beam propagation measured through three-dimensional amplitude profile determination // Journal of the Optical Society of America B – 2003 – pp.2215-2225