**Формирование изображений в радиолокационных системах с помощью радиофотонных технологий**

***В.В. Кулагин1,\*, В.В. Валуев2, Н.И. Каргин2, Р.В. Рыжук2, В.А. Черепенин3***

1Государственный астрономический институт им. П.К.Штернберга, МГУ им. М. В. Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва, Университетский просп., 13

e-mail: victorvkulagin@yandex.ru

2Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Россия, 115409, г. Москва, Каширское шоссе, 31

3Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН

Россия, 125009, г. Москва, ул. Моховая, 11

**IMAGING IN RADAR SYSTEMS USING MICROWAVE PHOTONIC TECHNOLOGIES**

***V.V. Kulagin1, V.V. Valuev2, N.I. Kargin2, R.V. Ryzhuk2, V.A. Cherepenin3***

1Sternberg Astronomical Institute, Lomonosov Moscow State University

Russia, Moscow, Universitetsky Prosp. 13, e-mail: victorvkulagin@yandex.ru

1National Research Nuclear University «MEPhI», Russia, Moscow, Kashirskoe shosse, 31

3Kotel’nikov Institute of Radioengineering and Electronics, Russian Academy of Sciences, Russia, Moscow, ul. Mokhovaya, 11

Main methods for implementing imaging in microwave photonic radars and their characteristics are discussed: a holographic method, an inverse synthesized aperture radar, and a distributed system of emitters and receivers with coherent joint information processing (MIMO). A schematic implementation based on microwave photonic technologies for recording a radio hologram in the holographic method is proposed, numerical simulation of the scheme operation is carried out and its characteristics are obtained. The possibility for creating a distributed microwave photonic ultra-wideband location system with a coherent joint information processing and imaging is also being investigated. The microwave photonic implementations of various components of such a system are considered, in particular, a multichannel microwave photonic receiving system, a scheme for creating an optical frequency comb, schemes for microwave photonic formation of an ultra-wideband signal, etc.. With the help of numerical simulation, the operability of these components is demonstrated and their characteristics are determined.

Необходимость обнаруживать малые летательные аппараты и отличать их от объектов живой природы, в частности, от птиц требует наличия радиовидения в зондирующих системах. Исследования в этом направлении бурно развиваются в настоящее время [1]. Ниже обсуждаются основные методы реализации режима радиовидения в радиофотонных радарах и их характеристики: голографический метод, инверсный (обратный) радар с синтезированной апертурой, распределенная система излучателей и приемников с когерентной совместной обработкой информации (МIMO). Для регистрации радиоголограммы в голографическом методе предложена схемная реализация [2], построенная на базе радиофотонных технологий, проведено численное моделирования работы схемы и получены ее основные характеристики. Показано, что максимальное разрешение по поперечным координатам ограничивается размерами фазированной антенной решетки и ухудшается при увеличении дальности до цели. Разрешение по дальности для всех методов реализации режима радиовидения определяется шириной полосы зондирующего импульса.

Для инверсного радара с синтезированной апертурой радиоизображение может быть построено только для вращающихся целей (при радиальном движении метод не работает). При этом разрешение по поперечным координатам определяется полным углом поворота цели и может быть достаточно высоким (10-15 см).

Исследуется также возможность создания распределенного радиофотонного сверхширокополосного комплекса с когерентной совместной обработкой информации и возможностью радиовидения. Поперечное разрешение такой системы может быть порядка разрешения по дальности при оптимальном размещении излучателей и приемников. Рассматриваются радиофотонные реализации различных узлов комплекса, в частности, многоканальной радиофотонной приемной системы [3], схемы формирования линейки оптических и СВЧ частот [4], схемы радиофотонного формирования сверхширокополосного излучаемого сигнала [5], схемы радиофотонного оптимального фильтра для быстрой обработки сверхширокополосного входного СВЧ сигнала [6] и др.. С помощью численного моделирования продемонстрирована работоспособность этих узлов и определены их основные характеристики. Также, численно исследовано влияние ширины полосы зондирующего импульса на качество восстановления сложной радиолокационной сцены для распределенной в пространстве приемной системы. Работа поддержана РФФИ в рамках проекта № 19-29-06108-мк и программой «Приоритет-2030» (НИЯУ МИФИ).

**Литература**

1. S. Pan, Y. Zhang, J. of Lightwave Technology. 2020. Vol. 38. P. 5450.

2. V. Valuev et. al., Abstract Book of the 5-th Int. Conf. Terahertz and microwave radiation: generation, detection and applications. 2023. P. 125.

3. В.В. Кулагин и др., Известия РАН. Серия физическая. 2020. Т. 84. № 1. С. 67.

4. В.В. Кулагин и др., Известия РАН. Серия физическая. 2022. Т. 86. № 6. С. 895.

5. В.В. Кулагин и др., Известия РАН. Серия физическая. 2021. Т. 85. № 1. С. 91.

6. В.В. Кулагин и др., Известия РАН. Серия физическая. 2023. Т. 87. № 1. С. 49.