



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
ФНОУ ВО «Сибирский
Федеральный Университет»
Барышев Руслан Александрович

«11» марта 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Диссертация «Низкопрофильные антенные решётки с механоэлектрическим типом сканирования» выполнена на кафедре радиотехники.

В период подготовки диссертации соискатель Литинская Елена Алексеевна обучалась в очной аспирантуре Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Радиотехника».

В 2011 г. окончила Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет» с присуждением степени магистра по направлению «Радиотехника». В 2021 г. окончила очную аспирантуру при Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский федеральный университет».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022 г. Федеральным

государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Сибирский федеральный университет».

Научный руководитель — Саломатов Юрий Петрович, профессор, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», кафедра «Радиотехника», заведующий кафедрой.

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Литинской Елены Алексеевны является научно-квалификационной работой, в которой решаются задачи по исследованию механоэлектрических методов сканирования и создания на их основе антенных решёток (АР) с малыми габаритами и широким сектором сканирования, по исследованию и определению потенциально достижимых характеристик АР с механоэлектрическим типом сканирования, по разработке микрополосковых АР с механоэлектрическим типом сканирования и АР на основе резонаторов Фабри–Перо, по повышению коэффициента усиления (КУ) АР на основе резонаторов Фабри–Перо с механоэлектрическим типом сканирования в области углов свыше 70° .

В проведенных автором исследованиях получены следующие результаты: зависимости характеристик направленности АР с механоэлектрическим сканированием от их геометрических параметров; разработана микрополосковая АР с механоэлектрическим сканированием с улучшенными направленными характеристиками в широком секторе углов сканирования и малыми габаритами, предложена волноводная диаграммообразующая схема (ДОС) для АР на основе резонаторов Фабри–Перо, обеспечивающая низкий

уровень потерь на рассогласование и малый профиль всей АР; разработана АР на основе резонаторов Фабри–Перо с механоэлектрическим сканированием, обладающая высоким коэффициентом использования поверхности (КИП) во всей полусфере; разработаны программы для ЭВМ.

Актуальность темы

Большая часть территорий РФ относится к труднодоступным, удаленным и неосвоенным территориям, где отсутствует развитая инфраструктура и наземные сети связи. На данных территориях одним из способом доступа к телекоммуникационным услугам (Интернет, телефония, ТВ, радио и т.д.) остается спутниковая связь. Организация сетей спутниковой связи необходима не только для стационарных объектов, но и для мобильных потребителей. Широко используемые спутниковые антенные системы на мобильных объектах обладают рядом существенных недостатков. У зеркальных антенн с механоэлектрическим типом сканирования – это большая ветровая нагрузка и низкая скорость сканирования. У плоских фазированных антенных решёток (ФАР) с электронным сканированием – ограниченный сектор сканирования и высокая стоимость антенн. Данные недостатки не позволяют эксплуатировать в движении терминалы спутниковой связи, представленные на рынке телекоммуникационных услуг, на территориях с большой географической широтой. Применение комбинированных типов сканирования в спутниковых антеннах, используемых в движении, позволит существенно расширить сектор углов сканирования и сохранить малые габариты антенны.

Таким образом, исследование механоэлектрических типов сканирования и создания на их основе антенн, имеющих малый вес и профиль и позволяющих осуществить широкоугольное перемещение луча с сохранением направленных характеристик антенн в настоящее время является актуальным.

Личное участие автора в получении результатов

Основные исследования, результаты которых представлены в диссертационной работе, были выполнены автором лично. Совместно с научным руководителем была предложена аналитическая модель АР с механоэлектрическим типом сканирования, получены выражения, определяющие геометрические параметры АР с механоэлектрическим типом сканирования, обсуждались цели и задачи исследований, а также результаты исследований. Личный вклад автора включает: исследование характеристик АР с механоэлектрическим типом сканирования с помощью численных и аналитических методов анализа; разработку электродинамических моделей микрополосковой АР с механоэлектрическим типом сканирования и исследование характеристик направленности решётки; разработку электродинамических моделей АР на основе резонаторов Фабри-Перо с механоэлектрическим типом сканирования и исследования характеристик направленности решётки; сравнение характеристик направленности микрополосковой АР с механоэлектрическим и электронным типами сканирования; выполнение макетов АР с механоэлектрическим типом сканирования; экспериментальные исследования АР с механоэлектрическим типом сканирования.

Степень достоверности результатов

Результаты диссертационной работы Литинской Е.А. подтверждаются:

- корректным применением численных и аналитических методов;
- применением апробированных САПР при расчетах характеристик сканирующих АР;
- использованием апробированных экспериментальных методик и высокоточного оборудования;
- соответствием результатов численных экспериментов с результатами экспериментальных исследований опытных образцов.

Новизна результатов

В работе получены следующие новые результаты:

1. Получены зависимости характеристик направленности АР с механоэлектрическим сканированием от их геометрических параметров;
2. Предложена АР с механоэлектрическим сканированием с улучшенными направленными характеристиками в секторе углов сканирования 0° – 60° , обладающая малыми массогабаритными показателями;
3. Предложена волноводная ДОС для АР на основе резонаторов Фабри–Перо, обеспечивающая уровень потерь на рассогласование не более 0,22 дБ в диапазоне частот 11,8–12,6 ГГц и имеющая высоту 9 мм;
4. Предложена АР на основе резонаторов Фабри–Перо с механоэлектрическим сканированием, обладающая высоким КИП в секторе углов сканирования 0° – 90° ;
5. Показано, что использование радиопоглощающего материала на задней поверхности затеняющей подрешётки АР на основе резонаторов Фабри–Перо, повышает КУ решётки в секторе углов 70° – 90° .

Практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

1. Предложен метод оценки достижимых характеристик направленности АР с механоэлектрическим сканированием и влияния геометрических параметров на характеристики направленности;
2. Изготовлена и исследована микрополосковая АР с механоэлектрическим сканированием с сектором сканирования в угломестной плоскости 0° – 60° ;
3. Изготовлена и исследована АР на основе резонаторов Фабри–Перо с механоэлектрическим сканированием с сектором сканирования в угломестной плоскости 0° – 90° для организации спутниковой связи в движении;
4. Использование радиопоглощающего материала на задней поверхности затеняющей подрешётки АР на основе резонаторов Фабри–Перо приводит к увеличению КУ решётки в секторов углов сканирования 70° – 90° .
5. Разработаны программы для ЭВМ, предназначенные для:
 - синтеза низкопрофильных волноводных АР;
 - синтеза пространственных полосовых фильтров N-го порядка на основе частотно-селективных поверхностей (ЧСП).

Ценность научных работ соискателя

Новизна и ценность исследований Литинской Е. А. подтверждается полученными свидетельствами о регистрации программ ЭВМ. Результаты исследований использованы в НИОКР, выполненных в ФГАОУ ВО

«Сибирский федеральный университет», АО «НПП «Радиосвязь», о чём свидетельствуют соответствующие акты внедрения. Результаты работы докладывались и обсуждались на четырнадцати международных и российских конференциях.

Соответствие требованиям пункта 14 Положения ВАК

Требования, установленные пунктом 14 Положения ВАК, выполнены: в диссертации автор ссылается на источники заимствования материалов, в диссертационной работе автор отметила, что часть результатов получена совместно с соавторами научных публикаций и в каждом оригинальном разделе диссертации привёл ссылки на работы.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертация Литинской Елены Алексеевны соответствует специальности 2.2.14 «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Полнота изложенных материалов в печатных работах, опубликованных автором

По результатам исследований получены 2 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ и опубликовано 18 научных работ, включая 3 статьи в рекомендованных ВАК РФ изданиях, 1 статью, опубликованную рецензируемом научном издании, индексируемом в наукометрической базе Scopus, 11 публикаций в сборниках конференций, индексируемых в Scopus и (или) Web of Science.

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Е. А Литинская, В. С. Панько, С. В. Поленга, Ю. П. Саломатов ФАР с механоэлектрическим сканированием// *Успехи современной*

радиоэлектроники, выпуск 1, 2015. С. 24—28.

2. Е. А. Литинская, А. Д. Немшон, А. В. Станковский, С. В. Поленга, Ю. П. Саломатов Экспериментальное исследование антенной решётки с механоэлектрическим и электронным типами сканирования// Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – № 8/3. – Т. 58. – С. 45–49.

3. Литинская Е. А., С. В. Поленга, Ю. П. Саломатов Антенная решётка на основе резонаторов Фабри–Перо с механоэлектрическим сканированием // Известия высших учебных заведений. Радиоэлектроника. – 2021. – Т. 24. – № 5. –С. 81-94.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ

1. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2017661208. Программа синтеза низкопрофильных волноводных антенных решёток / Литинская Е. А., Станковский– Заявка №2017614725. Дата поступления 24 мая 2017 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 05 октября 2017 г.

2. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2020610447. Программа синтеза пространственного полосового фильтра N-порядка на основе ЧСП / Литинская Е. А., Станковский А. В., Немшон А. Д., Поленга С. В. – Заявка №2019667328. Дата поступления 25 декабря 2019 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 15 января 2020 г.

Научные статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в наукометрической базе данных «Scopus»

1. Litinskaya, Y.A., Stankovsky, A.V., Polenga, S.V., Salomatov, Yu. P. “Wide-angle antenna systems with mechanoelectrical beam steering,” 2020 Journal of Physics: Conference Series, 1515 (4), № 042089.

Доклады в трудах конференций, индексируемых в Scopus и(или) Web of Science

1. Y. A. Litinskaya, A. M. Alexandrin, K. V. Lemberg, S. V. Polenga and Y. P. Salomatov, "Phased array antenna with combined electronical and mechanical beam steering for satellite networks," 2013 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Krasnoyarsk, Russia, 2013, pp. 1-3.

2. Y. A. Litinskaya, V. S. Panko and Y. P. Salomatov, "The low-profile phased array antenna with combined electrical and mechanical beam steering for satellite communications," 2014 24th International Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, Ukraine, 2014, pp. 461-462.

3. Y. A. Litinskaya, A. D. Nemshon, A. V. Stankovsky, S. V. Polenga and Y. P. Salomatov, "Experimental research of the antenna array with electronic and combine electronic and mechanical beam steering," 2016 International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Moscow, Russia, 2016, pp. 1-3.

4. A. M. Alexandrin, S. V. Polenga, A. V. Stankovsky, A. D. Nemshon, Y. A. Litinskaya, A. D. Hudonogova, Yu. P. Salomatov "Ku-band antenna array element based on Fabry-Perot cavity," 2016 Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), New Delhi, India, 2016, pp. 1-4.

5. A. V. Stankovsky, S. V. Polenga, A. D. Nemshon, Ye. A. Litinskaya, A. M. Alexandrin, K. V. Lemberg, Yu. P. Salomatov "A wide-angle mechanoelectrical steering antenna system based on multilayer dielectric wedge structure," 2017 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW), Divnomorskoe, Russia, 2017, pp. 45-48.

6. Y. A. Litinskaya, S. V. Polenga, A. V. Stankovsky and Y. P. Salomatov,

"A Ku-Band Low-Profile Wide-Angle Scanning Antenna Array with Combined Beam Steering," 2018 XIV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronics Instrument Engineering (APEIE), Novosibirsk, Russia, 2018, pp. 238-242.

7. Y. A. Litinskaya, K. V. Lemberg, A. S. Ivanov, A. M. Alexandrin, S. V. Polenga and Y. P. Salomatov, "Antenna Measurement Equipment for Radio Engineering Education," 2018 IV International Conference on Information Technologies in Engineering Education (Inforino), 2018, pp. 1-4.

8. A. V. Stankovsky, Y. A. Litinskaya, A. M. Alexandrin, S. V. Polenga and Y. P. Salomatov, "Spatial Polarizers for CTS Structure-Based Antenna Arrays," 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), Saint Petersburg and Moscow, Russia, 2019, pp. 885-889.

9. Y. A. Litinskaya, S. V. Polenga, A. V. Stankovsky, A. D. Hudonogova and Y. P. Salomatov, "A Subarray for Ku-Band High-Gain Scanning Antenna Based on CTS Waveguide," 2019 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW), Divnomorskoe, Russia, 2019, pp. 285-288.

10. Y. A. Litinskaya, A. V. Stankovsky, S. V. Polenga and Y. P. Salomatov, "Design and Analysis of Antenna Array with Combined Beam Steering," 2021 Radiation and Scattering of Electromagnetic Waves (RSEMW), 2021, pp. 195-198.

11. Yelena A. Litinskaya, Stanislav V. Polenga, Yury P. Salomatov «Low-profile antenna array based on Fabry-Perot cavity with mechano-electrical beam steering», Antennas Design and Measurement International Conference 2021 (ADMInC'2021), pp. 84-89.

Диссертация «Низкопрофильные антенные решётки с механоэлектрическим типом сканирования» Литинской Елены Алексеевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических

наук по специальности 2.2.14 — «Антенны, СВЧ устройства и их технологии».

Заключение принято на расширенном заседании научного семинара кафедры «Радиотехника».

Присутствовало на заседании – 21 чел. С правом решающего голоса – 11 чел. Результаты голосования «за» – 11 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 1 от 10.03.2022 г.

Минаков Андрей Викторович
Канд. физ.-мат. наук, доцент,
директор института инженерной физики
и радиоэлектроники.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'А.В. Минаков', written over a horizontal line.