

Патентная активность в области графеновых элементов СВЧ тракта гигагерцового диапазона с точки зрения импортнезависимости

А. Г. Черевко^{1}*

¹ Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,
г. Новосибирск, Российская Федерация
* e-mail: cherevko@mail.ru

Аннотация. Проанализирована патентная активность в области графеновых элементов СВЧ тракта гигагерцового диапазона, начиная с 2004 года (год открытия графена), по настоящее время с точки зрения импортнезависимости. При анализе были приняты во внимание, кроме патентов, материалы статей из SCOPUS и WoS. Поиск проводился по странам: Россия, США, Китай, Индия, Великобритания, Германия, Франция, Италия, Испания, Япония, Иран, Малайзия. По отраслям знания: технические приложения, энергетика, приложения в химической технологии, биотехнологии, химии, приложения в области компьютерных технологий, применение математики, материаловедение и область физики и астрономии. Методология патентного исследования основывается на проведении поисков на основе сочетания поиска по ключевым словам и по индексам МПК. Статистический анализ патентных документов, отобранных в результате поиска, иллюстрирует основные выводы, касающиеся изобретательной активности в исследуемой области по индексам МПК, годам приоритета, странам.

Ключевые слова: графен, элементы СВЧ тракта, импортозамещение

Patent activity in the field of graphene microwave path elements GHz range from the point of view of import independence

A. G. Cherevko^{1}*

Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk,
Russian Federation
* e-mail: cherevko@mail.ru

Abstract. The patent activity in the field of graphene microwave path elements the GHz range is analyzed from 2004 (the year of graphene discovery) to the present from the point of view of import independence. The articles from SCOPUS and WoS were taken into account in analysis in addition to patents. The search was conducted by countries: Russia, USA, China, India, Great Britain, Germany, France, Italy, Spain, Japan, Iran, Malaysia; by branch of knowledge: technical applications, energy, applications in chemical technology, biotechnology, chemistry, applications in computer technology, applications of mathematics, also materials science and the field of physics and astronomy. The patent research methodology is based on conducting searches through a combination keywords, and IPC indexes. Statistical analysis of patent documents selected because of the search illustrates the main conclusions regarding inventive activity in the research area by IPC indices years of priority, countries.

Keywords: graphene, microwave path elements, import substitution

Введение

Проблема импортозамещения, особенно в такой критически важной области, как элементная база СВЧ электроники, весьма актуальна. Открытие в 2004 году графена Новоселовым К. С. и Геймом А. К. инициировало направление исследований по созданию элементной базы СВЧ электроники на его основе. Заметен явный рост числа научных работ по использованию графена в этой области, что объясняется рекордной подвижностью носителей заряда в графене ($\mu_G/\mu_{Cu} \sim 1000$), его высокой электропроводностью ($\sigma_G/\sigma_{Cu} \sim 1$). Такие характеристики объясняются тем, что графен является полуметаллом, у которого валентная зона и зона проводимости касаются друг друга в двух точках зоны Бриллюэна, т.е. запрещенная зона отсутствует. Отметим также, что у графена линейный закон дисперсии, который приводит к линейной зависимости плотности состояний от энергии [1, 2]. Исключительная механическая прочность графена и его эластичность [3] являются причиной гибкости элементной базы на его основе. Важной характеристикой графена является его экологичность, что актуально в связи с массовым внедрением интернета вещей и возможностью наносить графен на бумагу и ткани. Основной технологией нанесения графена являются печатные технологии, в основном, двумерные [4]. Таким образом, графен является одним из базовых материалов для гибкой носимой экологичной, массовой СВЧ электроники. Следовательно, развитие научных и прикладных работ в этом направлении весьма актуально, что исключит, в перспективе, необходимость импорта такой электроники, т.е. обеспечит импортонезависимость.

Методы и материалы

В работе используются методы поиска источников посредством сочетания ключевых слов и классификационных индексов Международной патентной классификации (МПК), соответствующих тематике, связанной с графеном, и его применением в области СВЧ электроники, а также по базам SCOPUS и WoS. Отобранные источники статистически обрабатывались, в соответствии с методиками ПБ «Qrat» с учетом цели работы – обоснования импортонезависимости. Примером отобранного источника является работа [5], показывающая типичный уровень российских работ в этой области.

Результаты

Анализ показал, что наиболее востребованными являются исследования по технологическим направлениям, приведенным на рис. 1.

Рис. 2 показывает распределение патентов по странам защиты (юрисдикции).

Рис. 3 показывает, что в России уделяется недостаточно внимания рассмотренным направлениям исследования.

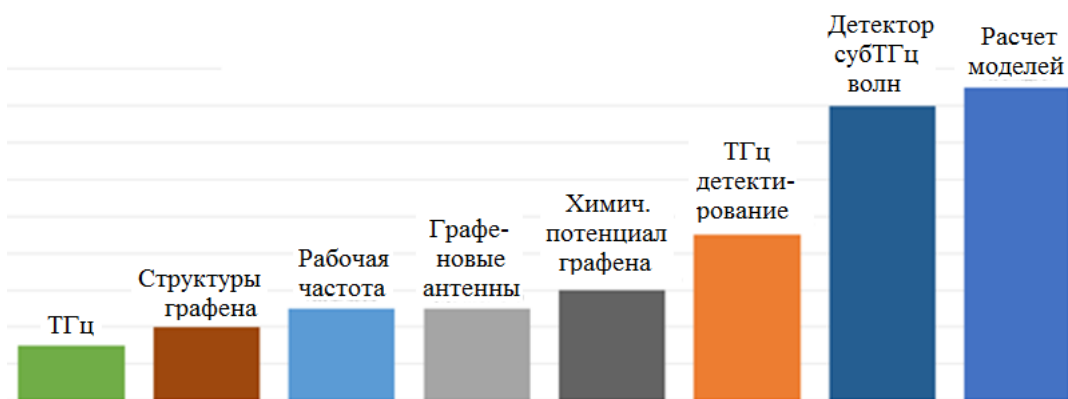


Рис. 1. Относительное распределение количества источников по технологическим направлениям

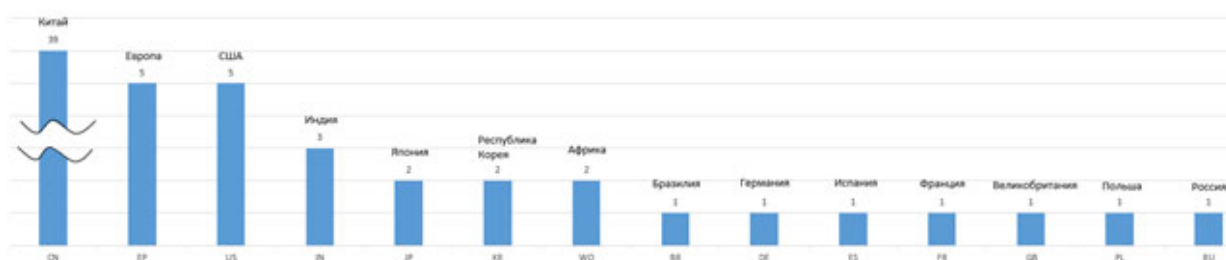


Рис. 2. Распределение патентов по странам защиты (юрисдикции)

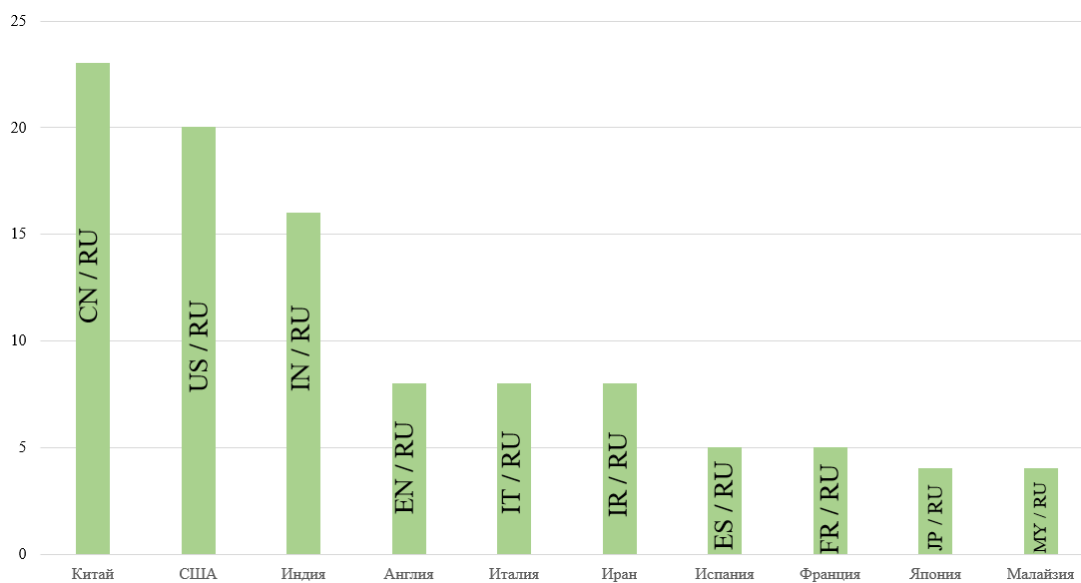


Рис. 3. Отношение числа статей авторов из разных стран, котирующихся в БД SCOPUS, к числу статей россиян

Обсуждение

Как видно из рисунков, в странах с большим населением и территориями (Китай, США, Индия) придают большое значение развитию исследований в об-

ласти графеновых технологий, особенно в ТГц диапазоне, что связано с подготовкой к внедрению связи стандарта G6. При этом отмечается отставание России. Например, число российских серьезных статей в этой области в 25 раз меньше, чем статей из Китая и в 20 раз меньше, чем статей из США.

Заключение

Анализ патентной и публикационной активности в области развития графеновых технологий начиная с 2004 года определил наиболее перспективные направления исследования и показал, что в России им уделяется недостаточное внимание, что может негативно сказаться на импортонезависимости в области технологий G6.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания № 071-03-2022-001.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Новоселов К. С. Графен: материалы Флатландии // УФН. – 2011. – Т. 181, № 12. – С. 1299 – 1311.
2. McClure J.W. Band Structure of Graphite and de Haas-van Alphen Effect // Phys. Rev. 1957. V. 108, p. 612–618.
3. Lee C., et al. Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene // Science. 2008, 321. 385 – 388.
5. Kallumottakkal M., et al. Recent Progress of 2D Nanomaterials for Application on Microwave Absorption: A Comprehensive Study // Front. Mater. 2021. 8:633079. doi: 10.3389/fmats.2021.633079.
6. Cherevko A.G., Morgachev Yu. V. Unit Cells of Flexible Printed Graphene Reflectarray Antenna for Satellite and Microwave Communications // 2021 XV International Scientific-Technical Conference on Actual Problems Of Electronic Instrument Engineering (APEIE)/ DOI: 10.1109/APEIE52976.2021.9647506.

© А. Г. Черевко, 2022