

УДК 330.341:621.383

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПАССИВНОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ*

С.Г. Филатова^{1,2}, А.Г. Вострецов^{2,3}, И.В. Бузук¹

¹Федеральный институт промышленной собственности

²Новосибирский государственный технический университет

³Институт горного дела им. Н.А. Чинакала СО РАН

Пассивные электронные компоненты, к которым относятся конденсаторы, резисторы, катушки индуктивности и связанные с ними устройства, являются незаменимыми составными частями всех электронных схем. Основу технологического суверенитета и безопасности государства в первую очередь составляют электронные технологии. Компьютерная техника, системы управления и навигации, мобильная связь, интеллектуальная энергетика, телемедицина, электромобили и беспилотный транспорт, электронные банковские транзакции – это лишь малый перечень отраслей, в которых используются пассивные электронные компоненты. При этом в настоящее время большая часть производства электронной компонентной базы сосредоточена за рубежом, в таких странах как Китай, Индия, Тайвань. В том числе зарубежные компании, расположенные в Китае, США, Индии, Великобритании, Израиле и др., владеют большей частью патентов на устройства и технологии, связанные с электронной компонентной базой. Введение санкционных ограничений в 2022 году выявило существенную зависимость доступности электронной компонентной базы от политических факторов, что обострило актуальность создания и развития собственного производства различных элементов пассивной электроники. Для эффективного импортозамещения в том числе необходимо определить основные тенденции развития пассивной электроники. Патентные документы содержат информацию, которая больше нигде не опубликована, в том числе информацию технического характера: принцип действия, технические параметры, что позволяет оценить уровень и выявить тенденции научно-технического развития. Также патенты могут быть полезны для проведения реинжиниринга импортных компонентов и развития отечественного производства. Установлено, что основные тенденции развития заключаются в миниатюризации и повышении производительности пассивных электронных компонентов, а также в адаптации их к работе в экстремальных условиях – при высоких и сверхнизких, в том числе криогенных температурах. Сфера криогенной пассивной электроники только начала развиваться, однако был выявлен ряд патентов, которые могут представлять интерес для разработчиков в этой области.

Ключевые слова: пассивная электроника, криогенная электроника, резистор, конденсатор, индуктивность, патентная аналитика.

DOI: 10.17212/1727-2769-2025-3-45-61

* Публикация подготовлена в рамках НИР «Методология исследования и оценки потенциала развития технологий в электронной промышленности Новосибирской области с использованием патентного скрининга и анализа патентной активности: перспективы применения в других регионах РФ», шифр 3-ЭП-2024.

Публикация подготовлена при частичной поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, проект no. FSUN-2023-0007.

Введение

Пассивные электронные компоненты, к которым относятся конденсаторы, резисторы, катушки индуктивности и связанные с ними устройства, являются незаменимыми составными частями всех электронных схем. В отличие от активных элементов пассивные компоненты не усиливают сигналы, а выполняют другие критически важные функции: накапливают и распределяют энергию, формируют заданные параметры электрических сигналов в различных устройствах [1].

В настоящее время прогнозируется устойчивый рост глобальной индустрии пассивных компонентов [2]. Связано это с тем, что на телекоммуникационный сектор приходится почти 18 % рынка пассивных компонентов [2], причем внедрение технологии 5G значительно увеличило потребность в эффективных конденсаторах, резисторах и индуктивностях. Этот рост дополняется широким распространением Интернета вещей и различных носимых интеллектуальных устройств, а также интеграцией пассивных электронных компонентов в электромобили и современные системы помощи водителю. Конденсаторы и резисторы широко используются в современных электромобилях для хранения энергии и управления питанием.

Развитие возобновляемой энергетики, например основанной на использовании солнечных батарей и ветряных турбин, также требует надежных электронных компонентов для сохранения и управления энергией.

Расширенное внедрение цифровых технологий в здравоохранении для мониторинга сердечно-сосудистых заболеваний, а также различных физиологических показателей выступает драйвером развития носимых медицинских изделий, требующих высоконадежных и точных пассивных компонентов.

В потребительской электронике спрос определяется требованиями компактности, легкости и высокой производительности устройств, что способствует миниатюризации всех компонентов, входящих в их состав.

Развитие сферы квантовой криогенной электроники приводит к появлению новых технологических решений, выполненных с возможностью функционирования при низких и критически низких температурах [3].

Данная работа посвящена обзору тенденций развития компонентов пассивной электроники в мире на основе анализа патентной и другой литературы.

1. Постановка задачи

Актуальность темы исследования в научной среде можно оценить по динамике публикаций. Для проведения этого анализа использованы данные международной цифровой библиотеки IEEE Xplore, содержащей полнотекстовые публикации Института инженеров электротехники и электроники. Глубина поиска составила 25 лет.

Патентные документы содержат информацию, которая больше нигде не опубликована, в том числе информацию технического характера: принцип действия, технические параметры, что позволяет оценить уровень и выявить тенденции научно-технического развития. Для выполнения патент-

ного анализа были использованы данные Электронного архива заявок ФИПС, патентных поисковых систем PatSearch, Espacenet, Orbit Questel. Данные и графики приведены по состоянию на 01.09.2025. Выборка была представлена в виде патентных семейств, опубликованных с 2000 года. Патентным семейством является совокупность всех патентных публикаций, относящихся к одному изобретению. Для целей анализа динамики патентования учтена только дата подачи первой заявки в семействе, которая принималась за дату создания технологии или устройства.

Область поиска по резисторам была ограничена при помощи МПК H01C, H01L 29/8605, по конденсаторам H01G, H01L 29/92, 29/94, по индуктивностям H01F 5/00, 17/00, 21/00, 27/00, 29/00, 37/00, 38/00, 41/00 [4]. При проведении информационного поиска объем патентных документов оценивался в целом по предметным группам «резисторы», «конденсаторы», «индуктивности», без разделения на классы.

2. Анализ тенденций развития пассивных элементов электронной компонентной базы

По данным IEEE Xplore была оценена мировая динамика научных публикаций, касающихся пассивных электронных компонентов, с 2000 по 2024 г. (рис. 1). Поиск проводился по упоминанию темы в любой части публикации.

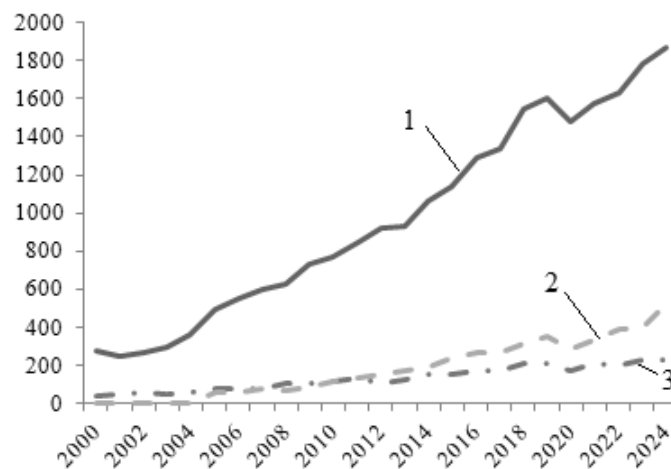


Рис. 1 – Динамика научных публикаций в мире по темам:
1 – конденсаторы; 2 – индуктивности; 3 – резисторы

Fig. 1 – Dynamics of patenting technologies and products
related to:

1 – capacitors; 2 – inductances; 3 – resistors

Кривая 1 показывает динамику публикаций статей по темам, связанным с конденсаторами. Видно, что данная тема является весьма актуальной и демонстрирует стремительный рост. За рассматриваемый период количество публикаций выросло в 6,8 раза. Количество научных публикаций

по индуктивностям (кривая 2) и резисторам (кривая 3) демонстрирует незначительный, но устойчивый рост.

На рис. 2 показана динамика патентования технических решений, связанных с конденсаторами (кривая 1), индуктивностями (2) и резисторами (3). Графики также демонстрируют рост количества запатентованных решений по всем сферам начиная с 2000 года. Уменьшение количества опубликованных патентов с 2023 года объясняется процедурами делопроизводства в патентных ведомствах – зачастую от подачи заявки до публикации патента проходит несколько лет.

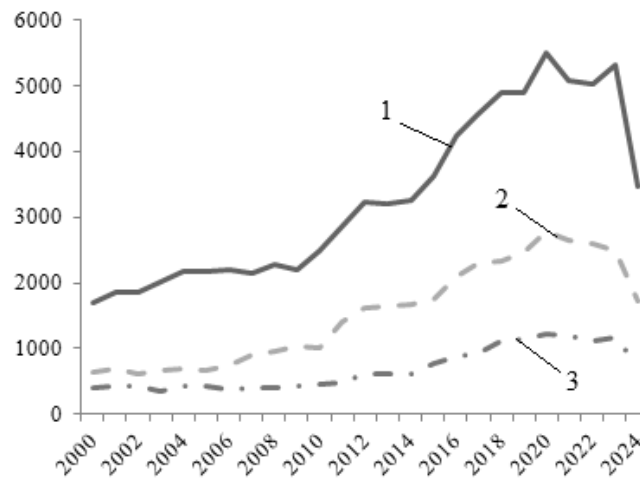


Рис. 2 – Динамика патентования в мире по темам:

1 – конденсаторы; 2 – индуктивности; 3 – резисторы

Fig. 2 – Dynamics of patenting technologies and products related to:

1 – capacitors; 2 – inductances; 3 – resistors

Конденсаторы являются неотъемлемой частью систем хранения и фильтрации энергии и занимают около 35 % рынка пассивных электронных компонентов [2]. За исследуемый период выявлено более 85 тыс. патентных семейств по конденсаторам, из них поддерживается 34,7 тыс. патентов. 15 % от общего числа патентных семейств принадлежит десяти компаниям.

Доминирует на рынке пассивных электронных компонентов Азиатско-Тихоокеанский регион, в том числе и по количеству запатентованных решений. Обусловлено это присутствием крупных производителей в Китае, Японии, Южной Корее [2]. Наибольшее количество патентов по конденсаторам зарегистрировано в Китае (рис. 3, а), что демонстрирует лидирующие позиции этой страны в производстве электронных компонентов. Ожидается, что в ближайшие годы Китай сохранит доминирующее положение вследствие правительственных инициатив, поддерживающих производство электроники и развитие телекоммуникационной и автомобильной отрасли.

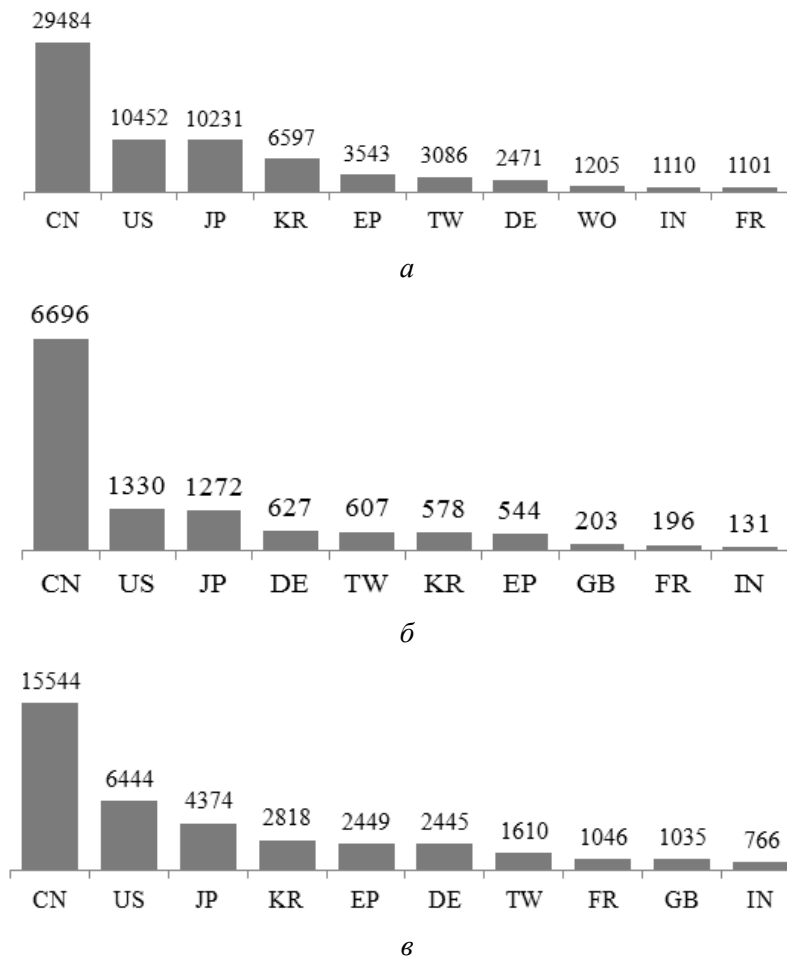


Рис. 3 – Распределение количества патентных семейств по странам:
 а – конденсаторы; б – резисторы, в – индуктивности (CN – Китай, US – США, JP – Япония, DE – Германия, KR – Южная Корея, EP – патенты Европейского патентного ведомства, TW – Тайвань, IN – Индия, FR – Франция, GB – Великобритания, WO – патенты Всемирной организации интеллектуальной собственности)

Fig. 3 – Distribution of the number of patent families by country:
 а – capacitors; б – resistors; в – inductances (CN – China, US – USA, JP – Japan, DE – Germany, KR – South Korea, EP – patents of the European Patent Office, TW – Taiwan, IN – India, FR – France, GB – Great Britain, WO – patents of the World Intellectual Property Organization)

В Северной Америке развитие определяют США, инвестирующие значительные средства в индустрию электромобилей и интеллектуальных устройств. В Европе по количеству запатентованных решений лидируют такие страны, как Германия, Франция и Великобритания, что также отражает рост в автомобильном секторе и альтернативной энергетике и, как следствие, возрастание потребности в пассивных электронных компонентах (рис. 3).

Среди лидеров по патентованию технических решений, связанных с конденсаторами, находятся компании, которые являются и лидерами в их производстве.

Компания Murata Manufacturing Co. Ltd. занимает около 20 % доли рынка пассивных электронных компонентов благодаря обширной номенклатуре конденсаторов и индуктивностей [2]. Патентный портфель этой компании насчитывает более 2,96 тыс. патентных семейств по конденсаторам (рис. 4) и более 1,60 тыс. патентных семейств по индуктивностям (рис. 6).

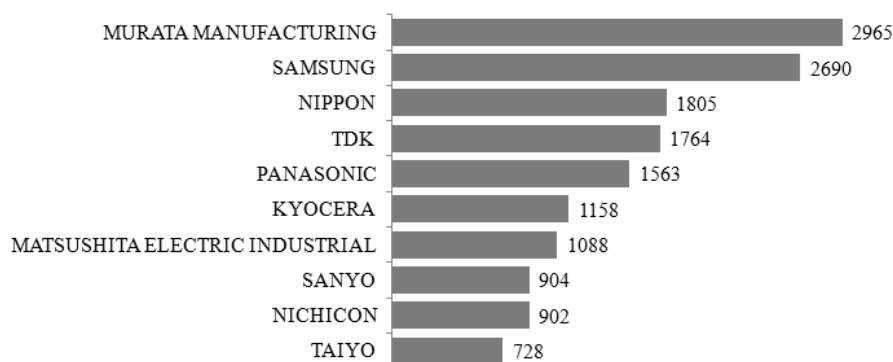


Рис. 4 – ТОП-10 правообладателей по конденсаторам

Fig. 4 – TOP-10 assignees for capacitors

Другим крупнейшим производителем конденсаторов является компания SAMSUNG, имеющая в своем портфеле 2,69 тыс. патентных семейств, в том числе связанных с танталовыми и с многослойными керамическими конденсаторами.

Компания NIPPON, основанная в 1931 году, является ведущим японским производителем электролитических конденсаторов и имеет в своем патентном портфеле более 1,80 тыс. патентных семейств, защищающих их конструкцию.

На долю TDK Corp. приходится около 15 % рынка из-за ее доминирования в производстве многослойных керамических конденсаторов, в портфеле компании более 1,76 тыс. патентных семейств.

По типу современные конденсаторы можно разделить на керамические, танталовые, алюминиевые электролитические, бумажные и пластиковые пленочные, а также суперконденсаторы [5] (табл. 1).

Графики, приведенные в табл. 1, показывают, что наибольший рост показывает сфера патентования суперконденсаторов, что связано с расширением их использования для электротранспорта, систем альтернативной энергетики, систем бесперебойного питания, бытовой электроники.

Анализ патентных портфелей крупнейших мировых организаций показал, что одной из тенденций является растущее внедрение многослойных керамических конденсаторов (MLCC), на долю которых приходится 40 % пассивных компонентов, используемых в современной электронике благодаря своей компактности и высокой надежности.

Таблица 1 / Table 1

Динамика патентования различных по типу конденсаторов
Dynamics of patenting various types of capacitors

Тип конденсатора	Количество патентных семейств за 2000–2024 гг., тыс.	Динамика патентования (зависимость количества патентных семейств от года приоритета)
Керамические	11,218	
Танталовые	3,404	
Алюминиевые электролитические	7,410	
Пленочные	22,080	
Суперконденсаторы	10,316	

Автомобильная промышленность в последние годы стала самым быстрорастущим сегментом для MLCC, которые широко используются в информационно-развлекательных системах, интеллектуальных системах помощи водителю и силовой электронике электромобилей. Технологии MLCC продолжают совершенствоваться, разрабатываются диэлектрики с более высокой диэлектрической проницаемостью и лучшей температурной стабильностью для достижения большей емкости на единицу объема. Также появляются технологии встраиваемых конденсаторов, например, в подложки печатных плат или корпуса микросхем [6].

Сфера криогенной электроники, в том числе пассивной электроники, в настоящее время только начинает свое становление. В патенте [7] предложена конструкция криогенного конденсатора, основанного на использовании полимерных пленочных диэлектрических материалов и проводящего материала, проводимость которого увеличивается при криогенных температурах.

Резисторы широко используются в системах регулирования напряжения и тока и занимают почти 20 % рынка пассивных электронных компонентов [2]. По резисторам найдено 17 869 патентных семейств, причем поддерживаются 7306 патентов. 10 % от общего числа патентных семейств принадлежит десяти компаниям.

Резисторы производятся в огромных количествах. Толсто пленочные чип-резисторы встречаются на каждой печатной плате. Тонко пленочные прецизионные резисторы требуются в аналоговых схемах, этот рынок растет в связи с ростом числа датчиков и устройств сбора данных. Потребность в мощных резисторах и шунтах растет с развитием систем возобновляемой энергии, а также увеличением количества электромобилей.

Ведущую роль в производстве резисторов в мире играет в настоящее время компания KOA – крупный производитель толсто пленочных резисторов автомобильного класса. Его патентный портфель включает 556 семейств (рис. 5).

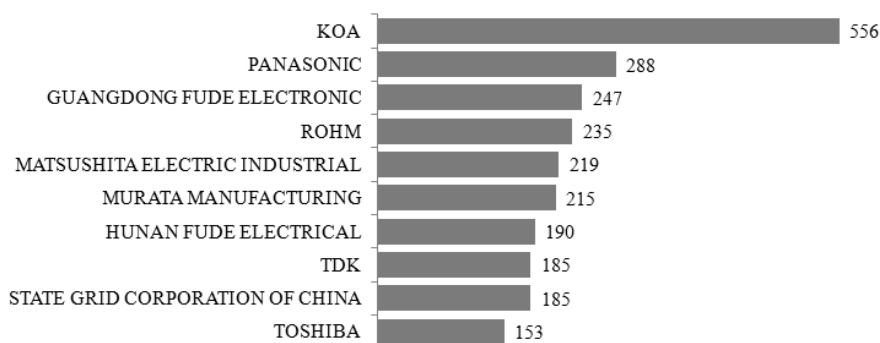


Рис. 5 – ТОП-10 правообладателей по резисторам

Fig. 5 – TOP-10 assignees for resistors

Компания PANASONIC имеет в своем портфеле 288 патентных семейств (рис. 5). Передовые разработки компании направлены на повышение надежности резисторов.

Резисторы сегментируются по типу на резисторы поверхностного монтажа, сетевые, проволочные, пленочные (оксидные, фольгированные) и углеродные [5] (табл. 2). Наибольший рост по количеству запатентованных решений показывают конструкции резисторов поверхностного монтажа и проволочных резисторов.

Таблица 2 / Table 2

Динамика патентования различных по типу резисторов
Dynamics of patenting various types of resistors

Тип конденсатора	Количество патентных семейств за 2000–2024 гг., тыс.	Динамика патентования (зависимость количества патентных семейств от года приоритета)
Поверхностного монтажа	9,245	
Резисторные сети	0,406	
Проволочные	3,874	
Пленочные	3,716	

Окончание табл. 2 / The End Table 2

Тип конденсатора	Количество патентных семейств за 2000–2024 гг., тыс.	Динамика патентования (зависимость количества патентных семейств от года приоритета)
Оксидные	2,581	
Фольгированные	0,429	
Углеродные	0,901	

Японская компания OKAZAKI предложила конструкцию резистивного элемента для высокоточного измерения криогенной температуры от 4 до 90 К [8]. Для улучшения характеристик резистивный элемент содержит провод резистора и расположенный между корпусом и проводом резистора наполнитель в виде поликристаллического неорганического электроизоляционного порошка, частицы которого соединены между собой стеклом.

Заявка [9] содержит информацию о способе создания криогенного датчика из пленочного резистора путем частичной надрезки поверхности. В описании сообщается, что один из вариантов реализации такого датчика может измерять температуру от 5 до 40 мК.

В документе [10] предлагается резистивный датчик температуры, не чувствительный к магнитному полю при экстремально низких температурах. Для этого на подложку предлагается нанести тонкую пленку нитрида

хрома толщиной от 50 до 1000 нм, а содержание азота в пленке нитрида хрома составляет от 40 до 60 атомных процентов.

Компания IBM разработала полосковый СВЧ-аттенюатор, работающий при криогенных температурах [11], который содержит две подложки с высокой теплопроводностью, выполненные, например, из сапфира, и зажатый между этими подложками сигнальный проводник, содержащий одну или несколько линий аттенюатора. Предложенное решение обеспечивает оптимальную термализацию и приемлемый микроволновый отклик аттенюатора, что позволяет использовать его в квантовых вычислительных системах.

Индуктивности, включая трансформаторы, занимают около 25 % рынка, обеспечивая преобразование и распределение энергии, фильтрацию сигналов. Рост обусловлен потребностью в энергоэффективных решениях в области энергосбережения. Развитие силовой электроники, в первую очередь в электромобилях, обуславливает рост силовых индуктивностей, способных выдерживать большие токи с минимальными потерями. Мощные индуктивности и трансформаторы используются для стабилизации напряжения в инверторах ветряных и солнечных батарей, системах накопления энергии, что также стимулирует устойчивый рост этой сферы.

Ведущим игроком на рынке чип-индукторов и фильтров электромагнитных помех является компания Murata Manufacturing Co. Ltd., имеющая в своем портфеле 1627 патентных семейств (рис. 6). Патентами защищены конструкции различных индукторных компонентов.

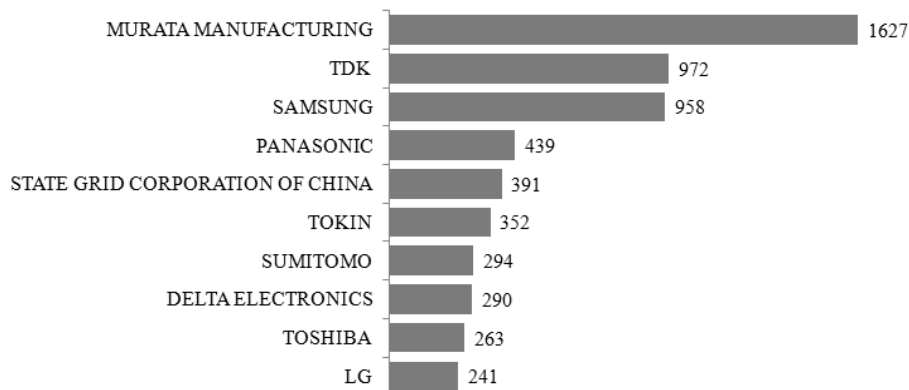


Рис. 6 – ТОП-10 правообладателей по индуктивностям

Fig. 6 – TOP-10 assignees for inductances

Компания TDK имеет в своем портфеле 972 патентных семейств (рис. 6) и является крупным производителем как малогабаритных чип-индуктивностей, так и мощных индукторов. Анализ патентного портфеля показал, что фокус компании направлен на разработку многослойных индуктивностей, применяемых в компактных электронных устройствах, таких как смартфоны, компьютеры, телекоммуникационное оборудование.

Многослойная конструкция позволяет достичь более высокой индуктивности при сопоставимых с аналогами размерах, при этом закрытая магнитная схема обеспечивает стабильность и снижает перекрестные помехи.

Катушки индуктивности сегментируются по мощности и частоте [5]. При этом каждый тип катушек востребован в своем приложении, поэтому не представляется возможным отследить динамику патентования каждого типа катушек.

Для криогенных температур в патенте [12] предложен электромагнитный материал из металлических наночастиц в изолированной матрице. Это позволяет изготовленному из него индуктивному элементу работать при температуре ниже 4 К.

В патенте [13] раскрыт сверхпроводниковый датчик криогенной жидкости для контактного измерения криогенной жидкости, включающий в себя индукторный элемент и сверхпроводящий магнитный переключатель, который расположен вблизи индукторного элемента для обеспечения его взаимодействия с магнитным полем индукторного элемента. Сверхпроводящий магнитный переключатель приводит в действие индукторный элемент, выталкивая его магнитным полем индукторного элемента при контакте с криогенной жидкостью, в результате чего выталкивание магнитного поля приводит к быстрому уменьшению индуктивности, что позволяет измерять криогенную жидкость.

В патенте [14] предложен низкотемпературный пермаллоевый магнитомягкий сплав, обладающий высокой проницаемостью и низкой коэрцитивной силой в среде жидкого азота, который может быть применен в качестве компонентов магнитного экранирования для специальных или прецизионных приборов.

В патенте [15] разработан сверхпроводящий ограничитель тока короткого замыкания на основе устройства, содержащего сверхпроводящий магнит, систему реактивного сопротивления, состоящую из железного сердечника и обмотки переменного тока, и систему управления постоянным током.

Заключение

Пассивные электронные компоненты достигли существенного технологического прогресса, основанного на потребности в миниатюризации и повышении производительности. Многослойные керамические конденсаторы произвели революцию в электронных изделиях – для повышения плотности и эффективности стало возможным использовать до 1000 слоев в одном компоненте. Также и успехи в области тонкопленочных технологий привели к созданию резисторов с большей точностью и стабильностью, необходимых в чувствительных электронных устройствах. Размеры и энергопотребление устройств также удастся уменьшить за счет интеграции пассивных компонентов.

Уменьшение размеров конденсаторов, резисторов и катушек индуктивности является существенным для разработки компактных, но вместе с тем весьма производительных электронных устройств, таких как смартфоны, ноутбуки, смарт-часы и другие носимые устройства. Таким образом, заметна тенденция к миниатюризации пассивных электронных компонентов и более высокой степени интеграции, а также к более высокой производительности на более высоких частотах. Потребность в надежных и компактных конденсаторах, используемых в различных устройствах потребительской электроники, таких как смартфоны, ноутбуки, автомобильная электроника, стимулирует рост производства танталовых конденсаторов, обеспечивающих высокую плотность емкости и стабильность.

Автомобильная и аэрокосмическая промышленность стимулирует разработку высокотемпературных и надежных пассивных компонентов. Передовые технологии квантовых компьютеров, напротив, ставят задачу разработки компонентов, способных сохранять свои характеристики при сверхнизких и криогенных температурах.

В статье проведен анализ динамики патентования в мире технических решений, связанных с основными пассивными элементами электронной компонентной базы – резисторами, конденсаторами и индуктивностями. Наиболее динамично развивающейся отраслью является производство конденсаторов, которые востребованы не только в слаботочной электронике, функционирующей в различных интеллектуальных устройствах, но и в приборах силовой электроники и системах накопления энергии. Наиболее динамично развивается сфера создания суперконденсаторов, которые занимают промежуточное положение между обычными конденсаторами и аккумуляторами и способны быстро отдавать большие объемы энергии за счет образования двойного электрического слоя на поверхности электродов, а не за счет химических реакций.

Наиболее перспективными направлениями развития технологий являются новые применения резисторов, конденсаторов, индуктивностей в секторах электротранспорта, энергетики, потребительской электроники и телекоммуникаций, а также их адаптация к применению в экстремальных условиях, в частности при высоких температурах и при криогенных условиях. Актуальной является также задача совершенствования технологий производства пассивных электронных компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Passive on-chip components: Trends and challenges for RF applications / S. Decoutere, G. Carchon, M. Dehan, A. Mercha // *Microelectronic Engineering*. – 2005. – Vol. 82 (3–4). – P. 503–513. – DOI: 10.1016/j.mee.2005.07.050.
2. Passive component market size, share, growth, and industry analysis. – URL: <https://www.globalgrowthinsights.com/market-reports/passive-component-market-105365> (accessed: 17.09.2025).
3. **Вольхин Д.И., Новиков И.Л., Вострецов А.Г.** Экспериментальное исследование пассивных электронных компонентов криогенной электроники // *Журнал технической физики*. – 2025. – № 9. – С. 1744–1755. – DOI: 10.61011/JTF.2025.09.61235.104-25.

4. **Филатова С.Г., Вострецов А.Г., Бузук И.В.** Оценка потенциала импортозамещения электронной компонентной базы в Российской Федерации на основе анализа патентных документов // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2023. – № 4 (61). – С. 58–76.
5. Passive electronic components market size, share, growth, trends & industry analysis (2025–2030). – URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/passive-electronic-components-market> (accessed: 17.09.2025).
6. Global passive components industry outlook (2025–2030). – URL: <https://johnreector.me/2025/02/08/global-passive-components-industry-outlook-2025-2030/> (accessed: 17.09.2025).
7. Патент № 7408764 США. Cryogenic capacitors (Криогенные конденсаторы): № 58436906: заявл. 21.10.2006: опубл. 05.08.2008 / Mueller O.M., Mueller E.K., Hennessy M.J. – 13 с.
8. Патент № 9464947 США. Cryogenic temperature measuring resistor element (Резистивный элемент для измерения криогенной температуры): № 20121398270: заявл. 19.10.2012: опубл. 11.10.2016 / Shinichiro S., Takashi M., Koichi I. – 16 с.
9. Заявка № 2024158662 ВОИС. Sensors (Датчики): № 2024012324: заявл. 22.01.2025: опубл. 02.08.2024 / Kurland A., Wedekind D. – 15 с.
10. Заявка № 2001110606 Япония. Esistance bulb for thermometer unaffected by magnetic field under very low temperature (Колба сопротивления для термометра, не подверженная влиянию магнитного поля при очень низких температурах): № 28990999: заявл. 12.10.1999: опубл. 20.04.2001 / Masaaki Y., Tadaoki K., Koji I. – 6 с.
11. Патент № 3766126 Европейское патентное ведомство. Cryogenic-stripline microwave attenuator (Криогенно-полосковый свч-аттенюатор): № 19705500: заявл. 14.02.2019: опубл. 20.01.2021 / Olivadesi S.B., Gumann P., Gambetta J., Chow J. – 25 с.
12. Патент № 4012728 Европейское патентное ведомство. Electromagnetic material and inductance for low temperatures (Электромагнитный материал и индуктивность для низких температур): № 21212053: заявл. 02.12.2021: опубл. 15.06.2022 / Viala B. – 11 с.
13. Патент № 516039 Индия. Cryogenic fluid sensor (Датчик криогенной жидкости): № 201931033540: заявл. 21.10.2006: опубл. 05.08.2008 / Venimadhav A., Avinash K. – 24 с.
14. Патент № 115074579 Китай. Cryogenic low-temperature permalloy soft magnetic alloy and preparation method of strip of cryogenic low-temperature permalloy soft magnetic alloy (Криогенный низкотемпературный пермаллоевый магнитомягкий сплав и способ изготовления полосы криогенного низкотемпературного пермаллоевого магнитомягкого сплава): № 202210876155: заявл. 25.07.2022: опубл. 20.09.2022 / Hui S., Bo L., Jie L., Zhu L., Jing M., Xingang Y., Zhan M., Xietao L., Hao L. – 9 с.
15. Патент № 2139088 Европейское патентное ведомство. Core-saturated superconductive fault current limiter and control method of the fault current limiter (Сверхпроводящий ограничитель тока короткого замыкания с насыщенным сердечником и способ управления ограничителем тока короткого замыкания): № 08733988: заявл. 17.04.2008: опубл. 30.12.2009 / Xin Y., Gong W., Niu X., Cao Z. – 21 с.

TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF PASSIVE ELECTRONICS

Filatova S.G.^{1,2}, Vostretsov A.G.^{2,3}, Buzuk I.V.¹¹*Federal institute of industrial property, Moscow, Russia*²*Novosibirsk state technical university, Novosibirsk, Russia*³*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia*

Passive electronic components, including capacitors, resistors, inductors, and related devices, are essential components of all electronic circuits. Electronic technologies form the foundation of technological sovereignty and state security. Computer technology, control and navigation systems, mobile communication, intelligent energy, telemedicine, electric vehicles, and unmanned vehicles are just a few examples of industries that rely on passive electronic components. At the same time, the majority of the production of these components is currently located abroad, in countries like China, India, and Taiwan. Foreign companies based in China, the United States, India, the United Kingdom, Israel, and other countries own most of the patents related to electronic components and technologies.. The introduction of sanctions in 2022 highlighted the significant dependence of the availability of electronic components on political factors. This increased the urgency of establishing and developing our own production of these components. To effectively replace imports, it is essential to identify the key trends in passive electronics development. Patent documents provide information that is not available elsewhere, including technical details such as the operational principle and technical parameters. This information allows us to assess the state of and identify trends in scientific and technological advancement. Patents can also be used for reverse engineering imported components and developing indigenous production of passive electronic parts.. It has been established that the main trends in development are miniaturization, increased productivity of passive electronic components, and their adaptation to extreme conditions, such as high and ultra-low temperatures, including cryogenic conditions. The field of cryogenic passive electronics is just beginning to develop, but a number of patents have already been identified that could be of interest to developers in this area.

Keywords: passive electronics, cryogenic electronics, resistor, capacitor, inductance, patent analytics.

DOI: 10.17212/1727-2769-2025-3-45-61

REFERENCES

1. Decoutere S., Carchon G., Dehan M., Mercha A. Passive on-chip components: Trends and challenges for RF applications. *Microelectronic Engineering*, 2005, vol. 82 (3–4), pp. 503–513. DOI: 10.1016/j.mee.2005.07.050.
2. *Passive component market size, share, growth, and industry analysis*. Available at: <https://www.globalgrowthinsights.com/market-reports/passive-component-market-105365> (accessed 17.09.2025).
3. Volhin D.I., Novikov I.L., Vostretsov A.G. Eksperimental'noe issledovanie passivnykh elektronnykh komponentov kriogennoi elektroniki [Experimental study of passive electronic components in cryogenic electronics]. *Zhurnal tekhnicheskoi fiziki = Technical Physics. The Russian Journal of Applied Physics*, 2025, no. 9, pp. 1744–1755. DOI: 10.61011/JTF.2025.09.61235.104-25. (In Russian).
4. Filatova S.G., Vostretsov A.G., Buzuk I.V. Otsenka potentsiala importozameshcheniya elektronnoi komponentnoi bazy v Rossiiskoi Federatsii na osnove analiza patentnykh dokumentov [Estimation of the import substitution potential of the electronic components in the Russian Federation based on the patent documents analysis]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii = Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2023, no. 4 (61), pp. 58–76.

5. *Passive electronic components market size, share, growth, trends & industry analysis (2025–2030)*. Available at: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/passive-electronic-components-market> (accessed 17.09.2025).
6. *Global passive components industry outlook (2025–2030)*. Available at: <https://johnrector.me/2025/02/08/global-passive-components-industry-outlook-2025-2030/> (accessed 17.09.2025).
7. Mueller O.M., Mueller E.K., Hennessy M.J. *Cryogenic capacitors*. Patent US, no. 7408764, 2008.
8. Shinichiro S., Takashi M., Koichi I. *Cryogenic temperature measuring resistor element*. Patent US, no. 9464947, 2016.
9. Kurland A., Wedekind D. *Sensors*. Application WO, no. 2024158662, 2024.
10. Masaaki Y., Tadaoki K., Koji I. *Esistance bulb for thermometer unaffected by magnetic field under very low temperature*. Application JP, no. 2001110606, 2001.
11. Olivadese S.B., Gumann P., Gambetta J., Chow J. *Cryogenic-stripline microwave attenuator*. Patent EP, no. 3766126, 2021.
12. Viala B. *Electromagnetic material and inductance for low temperatures*. Patent EP, no. 4012728, 2022.
13. Venimadhav A., Avinash K. *Cryogenic fluid sensor*. Patent India, no. 516039, 2008.
14. Hui S., Bo L., Jie L., Zhu L., Jing M., Xingang Y., Zhan M., Xietao L., Hao L. *Cryogenic low-temperature permalloy soft magnetic alloy and preparation method of strip of cryogenic low-temperature permalloy soft magnetic alloy*. Patent CN, no. 115074579, 2022.
15. Xin Y., Gong W., Niu X., Cao Z. *Core-saturated superconductive fault current limiter and control method of the fault current limiter*. Patent EP, no. 2139088, 2009.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Филатова Светлана Геннадьевна – канд. техн. наук, доцент, государственный эксперт по интеллектуальной собственности отдела полезных моделей Сибирского центра ФИПС. Область научных интересов: цифровая статистическая обработка сигналов, патентная аналитика. Опубликовано более 35 научных работ. (Адрес: 630015, Россия, Новосибирск, ул. Планетная, 30, к. 2а. E-mail: s.filatova@corp.nstu.ru).

Filatova Svetlana Gennadjevna – Candidate of Sciences (Eng.), assoc. prof., state expert on industrial property at the department of utility models of the Siberian Center of the Federal Institute of Industrial Property. Her research interest is currently focused on digital statistical signal processing, patent analytics. She is author of more than 35 scientific papers. (Address: 30, Planetnaya Street, bldg 2a, Novosibirsk, 630015, Russia. E-mail: s.filatova@corp.nstu.ru).



Вострецов Алексей Геннадьевич – д-р техн. наук, профессор, засл. деятель науки РФ, советник при ректорате НГТУ, заведующий лабораторией квантовой криогенной электроники. Область научных интересов: помехоустойчивые алгоритмы оценивания в аналого-цифровых системах обработки сигналов. Опубликовано более 150 научных работ. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: vostreczov@corp.nstu.ru).

Vostretsov Alexey Gennadjevich – Doctor of Sciences (Eng.), professor, Honored Scientist of the Russian Federation, NSTU Rector's Advisor, Head of the Laboratory of Quantum Cryogenic Electronics. His research interest is currently focused on noise-resistant estimation algorithms in analog-to-digital signal processing systems. He is author of more than 150 scientific papers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russia, Country. E-mail: vostreczov@corp.nstu.ru).



Бузук Игорь Валерьевич – ведущий государственный эксперт по интеллектуальной собственности отдела полезных моделей Сибирского центра ФИПС. Область научных интересов: патентная экспертиза, измерительная техника. (Адрес: 630015, Россия, Новосибирск, ул. Планетная, 30, к. 2а. E-mail: novosib09@rupto.ru).

Buzuk Igor Valeryevitch – a leading state expert on industrial property at the department of utility models of the Siberian Center of the Federal Institute of Industrial Property. His research interest is currently focused on patent examination and measuring technology. (Address: 30, Planetnaya Street, bldg 2a, Novosibirsk, 630015, Russia. E-mail: novosib09@rupto.ru).

Статья поступила 16 сентября 2025 г.

Received September 16, 2025

To Reference:

Filatova S.G., Vostretsov A.G., Buzuk I.V. Tendentsii razvitiya passivnoi elektroniki [Trends in the development of passive electronics]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii = Proceedings of the Russian Higher School Academy of Sciences*, 2025, no. 3 (68), pp. 45–61. DOI: 10.17212/1727-2769-2025-3-45-61.