

## **ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

Научная статья

УДК 621.396

DOI: [10.34759/trd-2021-120-14](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-14)

### **Разработка базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC с применением ADO.NET**

**Сударенко Дмитрий Александрович<sup>1</sup>, Лютов Алексей Владимирович<sup>2</sup>✉**

<sup>1,2</sup>ПАО «Радиофизика», Москва, Россия

<sup>1,2</sup>Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), МАИ, Москва, Россия

<sup>1</sup>[sudar1977@gmail.com](mailto:sudar1977@gmail.com)

<sup>2</sup>[inspect09@yandex.ru](mailto:inspect09@yandex.ru)✉

***Аннотация.*** В качестве исследуемой технологии была выбрана технология низкотемпературной совместно обжигаемой керамики (LTCC). В процессе внедрения LTCC технологии были выявлены проблемы, связанные с взаимным влиянием большого количества параметров на каждом этапе производства на качество выпускаемой продукции. Для повышения качества производства СВЧ-компонентов предложена методология структурно-параметрического описания (СПО) технологии LTCC. На основе этой методологии была разработана база данных MS Access. Технология Access не позволяет делать многопользовательские, распределенные системы, для решения этой проблемы предлагается использовать систему управления базами данных (СУБД) ADO.NET, которая рассмотрена подробно в данной статье.

Труды МАИ. 2021.Выпуск № 120

Trudy MAI. 2021.Issues no.120

**Ключевые слова:** технология ADO.NET, низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (LTCC), структурно-параметрическое описание (СПО), база данных (БД), система управления базами данных (СУБД), MS SQL Server

**Для цитирования:** Сударенко Д.А., Лютов А.В. Разработка базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC с применением ADO.NET // Труды МАИ. 2021. № 120. DOI: [10.34759/trd-2021-120-14](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-14)

## **INFORMATICS, COMPUTATION ENGINEERING AND MANAGEMENT**

Original article

### **Development of a database management system for a structural and parametric description of LTCC technology using ADO.NET**

**Dmitriy A. Sudarenko<sup>1</sup>, Alexey V. Lyutov<sup>2</sup>**✉

<sup>1,2</sup>Company «Radiofizika», Moscow, Russia

<sup>1,2</sup>Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

<sup>1</sup>[sudar1977@gmail.com](mailto:sudar1977@gmail.com)

<sup>2</sup>[inspect09@mail.ru](mailto:inspect09@mail.ru)✉

**Abstract.** Low temperature co-fired ceramic (LTCC) technology was chosen as the technology under study. Currently, LTCC technology has been widely used in various fields of electronics, especially for the production of microwave microcircuits of low and medium integration. This technology provides an inexpensive solution for mass production of electronic devices in telecommunications, medicine, automotive technology, military technology and other industries. During the implementation of LTCC technology, problems were identified related to the mutual influence of a large number of parameters at each stage

of production on the quality of products. To improve the quality of the production of microwave components, a methodology of structural-parametric description (STR) of the LTCC technology is proposed. Based on this methodology, an MS Access database was developed. Access technology does not allow making multi-user, distributed systems; to solve this problem, it is proposed to use the database management system (DBMS) ADO.NET. Before Microsoft released the .NET framework, one of the main data access technologies used in applications was ADO (ActiveX Data Object). With the release of the .NET framework, ADO.NET became the successor to ADO. ADO.NET is a family of technologies that enable developers of .NET applications to interact with data using standard and structured approaches. ADO.NET manages both internal data (created in computer memory and used inside the application) and external data outside the application — for example, in a database or text files. Regardless of the data source, ADO.NET presents data in application code in tabular form, as rows and columns. When interacting with external data sources, ADO.NET can use disconnected data technology. With earlier technologies, developers typically created a persistent database connection and used various record-locking techniques to safely and correctly modify the data. With the advent of the Internet era, the strategy of maintaining open connections for each of the many concurrent HTTP requests to a web application has proven to be ineffective. For ADO.NET, the preferred strategy is to open the connection before the database query and close it immediately after the query is complete. The article discusses the structure of the ADO.NET framework of the Microsoft Visual Studio system, its main parameters and features. The ADO.NET architecture and parameters for establishing connections with external data sources are

presented. The process of creating a database in the ADO.NET DBMS for the production of microwave components based on LTCC MS SQL Server is shown. ADO.NET manages both internal data (created in computer memory and used inside the application) and external data outside the application — for example, in a database or text files. Regardless of the data source, ADO.NET presents data in application code in tabular form, as rows and columns. The article discusses the structure of the ADO.NET framework of the Microsoft Visual Studio system, its main parameters and features. The ADO.NET architecture and parameters for establishing connections with external data sources are presented. The process of creating a database in the ADO.NET DBMS for the production of microwave components based on LTCC MS SQL Server is shown.

**Keywords:** ADO.NET technology, low temperature co-fired ceramics (LTCC), structural and parametric description, database, MS SQL Server

**For citation:** Sudarenko D.A., Lyutov A.V. Development of a database management system for a structural and parametric description of LTCC technology using ADO.NET.

*Trudy MAI*, 2021, no. 120. DOI: [10.34759/trd-2021-120-14](https://doi.org/10.34759/trd-2021-120-14)

## Введение

В настоящее время технология LTCC получила широкое применение в различных областях электроники, особенно, для производства СВЧ-микросхем низкой и средней степени интеграции. Данная технология обеспечивает недорогое решение в массовом производстве электронных устройств в области

телекоммуникации, медицины, автомобильной техники, военной техники и других областей промышленности [1].

В процессе внедрения LTCC технологии были выявлены сложности, связанные с влиянием большого количества параметров, зависящих от используемых компонентов, времени использования и настройки оборудования на каждом этапе производства на качество выпускаемой продукции.

Для повышения качества производства СВЧ-компонентов предложен метод СПО технологии LTCC [2-6].

На основе этой методологии была разработана база данных MS Access [7-12].

БД MS Access обладает рядом недостатков: не позволяет делать многопользовательские системы, несетевая.

Эти проблемы решает СУБД ADO.NET, которая будет рассмотрена подробно в данной статье.

Предложен процесс создания БД в СУБД ADO.NET производства СВЧ-компонентов на основе LTCC на базе MS SQL Server.

### **Семейство технологий ADO.NET**

До выпуска компанией Microsoft.NET-фреймворка одной из основных технологий доступа к данным, используемой в приложениях, было ADO (ActiveX Data Object). После выхода .NET-фреймворка ADO.NET стала преемницей ADO [13-20].

ADO.NET – это семейство технологий, которые позволяют разработчикам .NET-приложений взаимодействовать с данными, используя стандартные и структурированные подходы.

ADO.NET осуществляет управление как внутренними данными (созданными в памяти компьютера и используемыми внутри приложения), так и внешними, находящимися вне приложения – например, в базе данных или текстовых файлах.

Библиотека ADO.Net подключается к проекту добавлением ссылки на пространство имен System.Data.

Вне зависимости от источника данных, ADO.NET представляет данные в коде приложения в табличном виде, в виде строк и столбцов.

При взаимодействии с внешними источниками данных ADO.NET может использовать технологию работы с отсоединенными данными. При использовании более ранних технологий разработчики обычно создавали постоянное подключение к БД и использовали различные способы блокировки записей, чтобы безопасно и корректно изменять данные. Но с приходом эры Интернета стратегия поддержания открытых соединений для каждого из множества одновременных HTTP-запросов к веб-приложению показала свою нежизнеспособность. Для ADO.NET предпочтительной стратегией является открытое подключение до запроса к БД и его моментальное закрытие после выполнения запроса.

### **Структура ADO.NET**

Пространство имен System.Data включает множество отдельных классов ADO.NET, которые работают вместе и обеспечивают доступ к табличным данным.

Библиотека ADO.NET включает в себя две группы классов: для работы с данными внутри приложения и с внешними данными (рис. 1).



Рис. 1. Архитектура ADO.NET

Центральным объектом библиотеки является DataTable. Схожий по назначению с таблицами в БД, DataTable управляет актуальными данными, с которыми происходит работа. Каждый объект DataTable содержит 0 или более строк данных.

Таблицы содержат описание элементов DataColumn, каждый из которых описывает значения, хранящиеся в строках таблиц. DataColumn содержит описание типа данных, хранящейся в колонке информации. Каждой строке в таблице соответствует объект DataRow. ADO.NET содержит методы для добавления, удаления, изменения и получения отдельной строки DataTable. Для таблиц, связанных с внешними источниками данных, любые изменения могут быть повторены во внешних источниках. Имеется возможность установления связей

между DataTable с использованием объектов DataRelation. С помощью объектов Constraint произвольные ограничения могут быть наложены на таблицы и составляющие их данные. Объект DataView реализует представление в отдельной DataTable. Таблицы могут быть объединены в DataSet. Однако если планируется использовать в работе только одну таблицу БД, эффективнее ограничиться использованием DataTable.

Для соединения с внешними данными, находящимися в БД, ADO.NET содержит множество провайдеров данных. Для соединения с БД, не имеющих собственного провайдера, используются общие провайдеры ODBC или OLEDB, которые тоже входят в состав ADO.NET. Некоторые провайдеры данных распространяются самими производителями БД. Так обстоит ситуация с провайдером Oracle. Все взаимодействия с внешними источниками данных осуществляются с помощью объекта Connection. ADO.NET использует технологию пула подключений для повышения скорости соединения с БД.

SQL-запросы помещаются в объекты Command для отправки источнику данных. Объект Command может содержать необязательные объекты Parameter, которые позволяют вызывать хранимые процедуры или параметризованные запросы.

Объект DataAdapter содержит в себе стандартные запросы для взаимодействия с БД, тем самым, исключая необходимость написания однообразных запросов, требующихся для чтения или записи отдельных строк.

Объект DataReader поддерживает быстрое чтение данных без возможности внесения изменений.



### **Стыковка с внешним источником данных**

Библиотека ADO.NET обеспечивает доступ к множеству различных внешних источников данных. Этими источниками могут быть как локальные файлы известных форматов, так и удаленные реляционные базы различных производителей. Для доступа к таким источникам данных приложение должно иметь возможность указать расположение ресурса, сообщить формат данных и обеспечить передачу параметров для авторизации доступа к данным. Такого рода информация передается с помощью строки подключения: форматированной текстовой строки, которая описывает необходимые параметры подключения.

Строка подключения содержит множество элементов, разделенных символом «;». Каждый элемент представляет собой пару «ключ-значение», которые описывают один из требуемых параметров подключения. Синтаксис строки: `key1=value1;...keyN= valueN`.

Типичные элементы:

- описание расположения БД (файловое или сетевое);
- идентификатор пользователя и пароль для доступа к источнику данных;
- значение таймаута для выполнения длительных запросов и другие значения, требующиеся для установления и конфигурирования подключения.

Три ключевых параметра позволяют ADO.NET осуществлять подключение.

- `data source` указывает расположение сервера, к которому осуществляется доступ. Специальное выражение `LocalDB` сообщает ADO.NET, что БД MS SQL расположена на локальной рабочей станции;
- `initial catalog` указывает название БД на сервере, которая будет использоваться по умолчанию;
- `integrated security`. Если значение параметра равно `true`, ADO.NET будет использовать авторизацию Windows для доступа к БД. Если значение равно `false`, нужно добавить в строку подключения пары «ключ-значение» для `User ID` (имя пользователя на SQL Server) и `Password` (пароль пользователя).

### **Связь таблиц с внешней БД при помощи `DataAdapter`**

Класс `DataAdapter` с помощью SQL-запросов связывает таблицы во внешней БД с локальными таблицами `DataTable`, входящими в `DataSet`. Всякий раз, когда требуется передать данные из БД в `DataSet`, `DataAdapter` выполняет метод `Fill`, который отправляет SQL-запрос в БД и помещает результат запроса в `DataTable`. После этого можно выполнить изменение данных в `DataTable`. Когда же придет время сохранять данные из `DataSet` в БД, `DataAdapter` выполнит метод `Update`, который отправит подходящий запрос `INSERT`, `UPDATE`, `DELETE` в БД, чтобы привести данные БД в соответствие с их локальной копией (рис. 2).

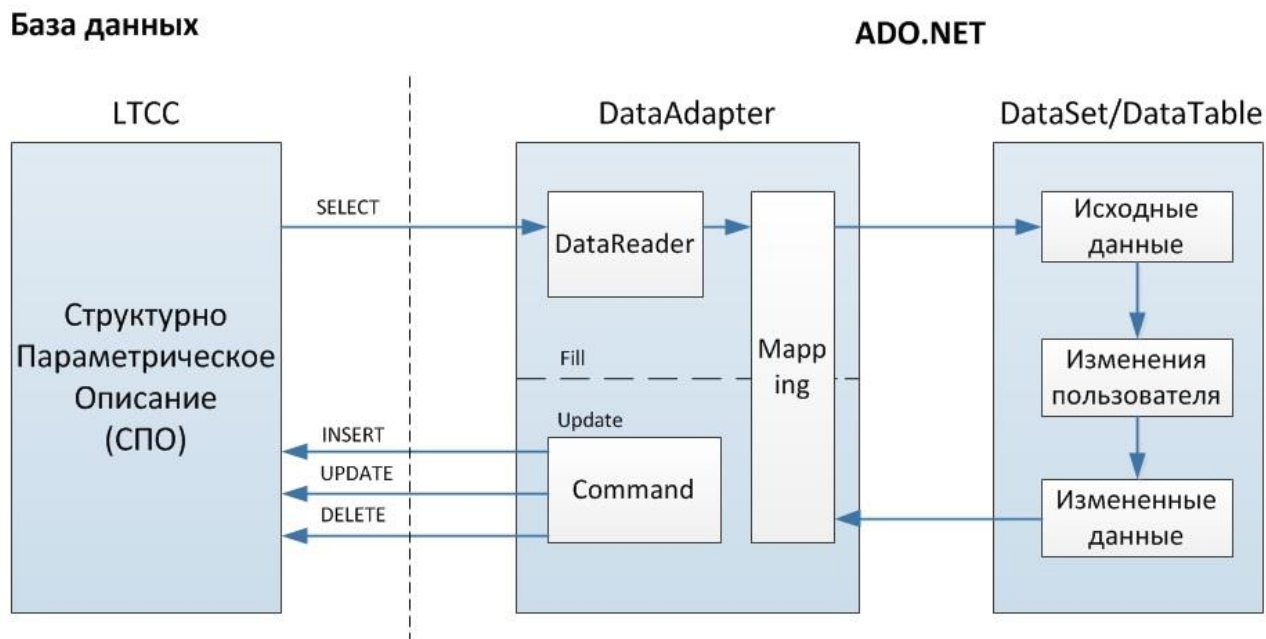


Рис. 2. Класс DataAdapter

## Создание БД производства СВЧ-компонентов на основе LTCC

### MS SQL Server

Для удобства управления данными была создана база данных MS SQL Server.

С помощью Visual Studio на закладке Server Explorer создаем экземпляр локальной базы данных (рис. 3).

Название базы данных – LTCC, имя сервера (localdb)\MSSQLLocalDB.

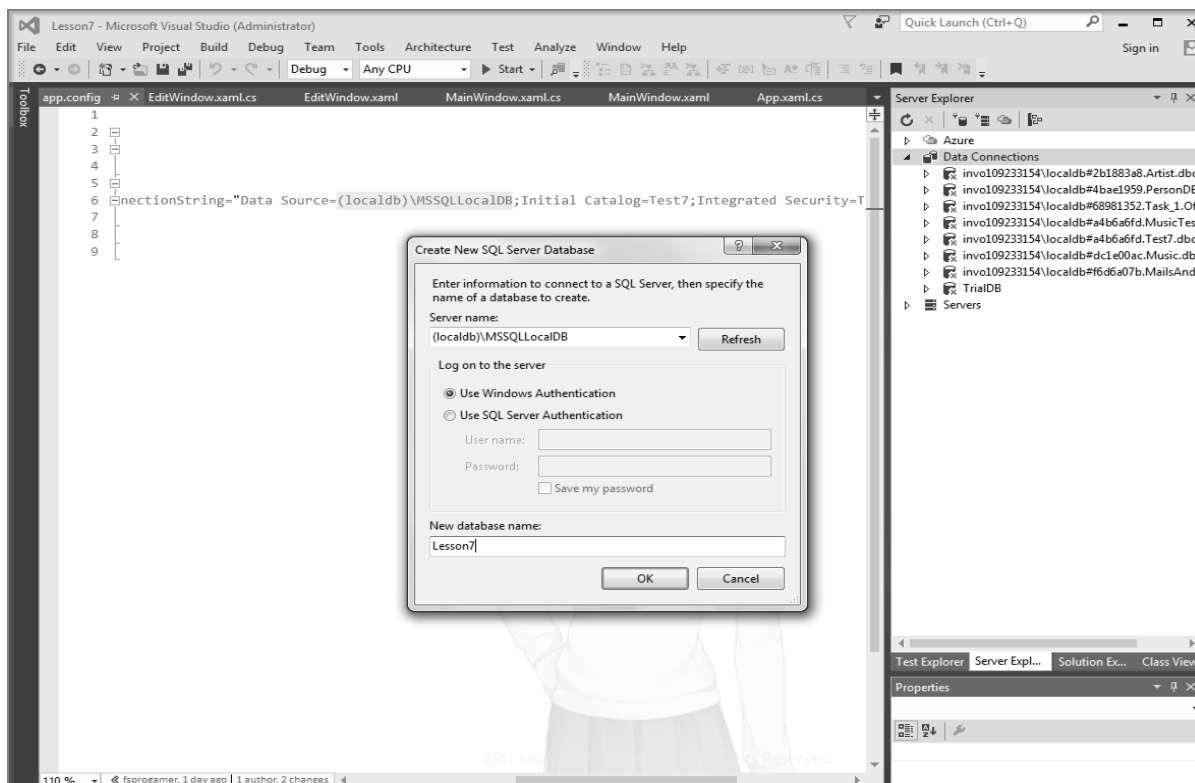


Рис. 3. База данных.

Далее создаем таблицы СПО LTCC в базе этой данных.

### Заключение

В статье предложен подход к разработке программно-методического комплекса на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики с применением технологии ADO.NET.

Рассмотрена структура фреймворка ADO.NET системы Microsoft Visual Studio, ее основные параметры и особенности.

Приведена архитектура ADO.NET и параметры установления соединения с внешними источниками данных.

Показан процесс создания БД в СУБД ADO.NET производства СВЧ-компонентов на основе LTCC MS SQL Server.

### Список источников

1. Потапов Ю.В. Особенности технологии LTCC проектирования и производства LTCC-модулей // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 3. С. 59-64.  
URL:[http://www.eurointech.ru/products/AWR/AWR\\_PrEl\\_1\\_2008.pdf](http://www.eurointech.ru/products/AWR/AWR_PrEl_1_2008.pdf)
2. Тушнов П.А., Невокшенов А.В., Казаков А.В., Голубев А.В. Методика отработки технологического процесса изготовления СВЧ-модулей на основе многослойной LTCC-структуры и апробация на опытной партии // Радиотехника. 2016. № 10. С. 52-63.
3. Ляпин Л.В., Осипов А.В., Далингер А.Г. Низкотемпературная керамика в технологии изготовления многослойных керамических плат LTCC // Электронная техника. Серия 1: СВЧ-техника. 2017. № 4 (535). С. 28-43.
4. Anne Boehm, Ged Mead. Murach's ADO.NET 4 Database Programming with C# 2010 (Murach: Training & Reference), 4th Edition, 756 p.
5. Litschke O., Simon W., Holzwarth S. A 30 GHz highly integrated LTCC antenna element for digital beam forming arrays // Conference proceedings APS 2006. Washington, 2006. DOI:[10.1109/APS.2005.1552498](https://doi.org/10.1109/APS.2005.1552498)
6. Симин А., Холодняк Д. Многослойные интегральные схемы сверхвысоких частот на основе керамики с низкой температурой обжига // Компоненты и технологии. 2005. № 7 (51). С. 208-213.

7. Чигиринский С.А. Особенности и преимущества производства многослойных структур на основе керамики (LTCC, HTCC, MLCC) // Компоненты и технологии. 2009. № 11. С. 130-131.
8. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Пути повышения качества производства СВЧ компонентов на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики // Радиотехника. 2016. № 4. С. 45-48.
9. Thick film paste via fill composition for use in LTCC applications. Patent US 7722732, 2010.
10. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Информационное обеспечение производства СВЧ компонентов на основе технологии низкотемпературной совместно обжигаемой керамики // Радиотехника. 2017. № 4. С. 54-59.
11. Сударенко Д.А., Лютов А.В. Создание базы данных структурно-параметрического описания технологии LTCC в СУБД ACCESS // Радиотехника. 2019. Т. 83. № 10 (15). С. 58-64. DOI: [10.18127/j00338486-201910\(15\)-10](https://doi.org/10.18127/j00338486-201910(15)-10)
12. Кондратюк Р.И. Низкотемпературная совместно обжигаемая керамика (LTCC). Преимущества. Технология. Материалы // Информационный бюллетень «Степень интеграции». 2011. № 5. С. 14-18.
13. Uhlig P., Holzwarth S., Litschke O., Simon W., Baggen R. A Digital Beam-Forming Antenna Module for a Mobile Multimedia Terminal in LTCC Multilayer Technique // EMPS 2005, 12 – 15 June 2005, Belgium, Brugge, pp. 467-470.

14. Uhlig P., Manteuffel D., Malkmus S. High Layer Count in LTCC Dual Band Antenna for Galileo GNSS/CICMT // Journal of Microelectronics and Electronic Packaging, 2008, no. 5 (4), pp. 156–160. DOI:[10.4071/1551-4897-5.4.156](https://doi.org/10.4071/1551-4897-5.4.156)
15. Закирова Э.А. Исследование печатных плат с многослойными диэлектрическими подложками и разработка микрополосковых СВЧ устройств на их основе: автореферат дисс...канд. техн. наук. - М.: Высшая школа экономики, 2014. - 24 с.
16. Сударенко Д.А. Типовое параметрическое описание интеллектуальных информационных систем // Исследовано в России. 2002. № 124. С. 1381-1384. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/124.pdf>
17. Сударенко Д.А. Методы структурно-параметрического описания производственных систем // Исследовано в России. 2003. № 201. С. 2379 – 2381. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/201.pdf>
18. Аджибеков А.А., Жуков А.А., Алексеев О.А. Экспериментальный стенд для сборки и испытаний антенных модулей на основе микроминиатюрных слоистых метаматериалов // Труды МАИ. 2016. № 87. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=69728>
19. Дудаков Н.С., Макаров К.В., Тимошенко А.В. Методика проектирования баз данных для автоматизированных систем управления специального назначения // Труды МАИ. 2016. № 90. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=74844>
20. Кузнецов А.С., Кузнецов С.Н., Постникова В.Н. Методы конвертации параметрических моделей модулей компонентов при проектировании

Труды МАИ. 2021.Выпуск № 120

Trudy MAI. 2021.Issues no.120

радиотехнических систем // Труды МАИ. 2015. № 83. URL:

<http://trudymai.ru/published.php?ID=62218>

## References

1. Potapov Yu.V. *Tekhnologii v elektronnoi promyshlennosti*, 2008, no. 3, pp. 59-64.  
[URL:http://www.eurointech.ru/products/AWR/AWR\\_PrEl\\_1\\_2008.pdf](http://www.eurointech.ru/products/AWR/AWR_PrEl_1_2008.pdf)
2. Tushnov P.A., Nevokshenov A.V., Kazakov A.V., Golubev A.V. *Radiotekhnika*, 2016, no. 10, pp. 52-63.
3. Lyapin L.V., Osipov A.V., Dalinger A.G. *Elektronnaya tekhnika. Seriya 1: SVCh-tekhnika*, 2017, no. 4 (535), pp. 28-43.
4. Anne Boehm, Ged Mead. *Murach's ADO.NET 4 Database Programming with C# 2010 (Murach: Training & Reference)*, 4th Edition, 756 p.
5. Litschke O., Simon W., Holzwarth S. A 30 GHz highly integrated LTCC antenna element for digital beam forming arrays, *Conference proceedings APS 2006*. Washington, 2006.  
DOI:[10.1109/APS.2005.1552498](https://doi.org/10.1109/APS.2005.1552498)
6. Simin A., Kholodnyak D. *Komponenty i tekhnologii*, 2005, no. 7 (51), pp. 208-213.
7. Chigirinskii S.A. *Komponenty i tekhnologii*, 2009, no. 11, pp. 130-131.
8. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2016, no. 4, pp. 45-48.
9. *Thick film paste via fill composition for use in LTCC applications. Patent US 7722732*, 2010.
10. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2017, no. 4, pp. 54-59.



11. Sudarenko D.A., Lyutov A.V. *Radiotekhnika*, 2019, vol. 83, no. 10 (15), pp. 58-64. DOI: [10.18127/j00338486-201910\(15\)-10](https://doi.org/10.18127/j00338486-201910(15)-10)
12. Kondratyuk R.I. *Informatsionnyi byulleten' «Stepen' integratsii»*, 2011, no. 5, pp. 14-18.
13. Uhlig P., Holzwarth S., Litschke O., Simon W., Baggen R. A Digital Beam-Forming Antenna Module for a Mobile Multimedia Terminal in LTCC Multilayer Technique, *EMPS 2005*, 12 – 15 June 2005, Belgium, Brugge, pp. 467-470.
14. Uhlig P., Manteuffel D., Malkmus S. High Layer Count in LTCC Dual Band Antenna for Galileo GNSS/CICMT, *Journal of Microelectronics and Electronic Packaging*, 2008, no. 5 (4), pp. 156–160. DOI: [10.4071/1551-4897-5.4.156](https://doi.org/10.4071/1551-4897-5.4.156)
15. Zakirova E.A. *Issledovanie pechatnykh plat s mnogosloinymi dielektricheskimi podlozhkami i razrabotka mikropoloskovykh SVCh ustroystv na ikh osnove* (Research of printed circuit boards with multilayer dielectric substrates and development of microstrip microwave devices based on them), author's abstract, Moscow, Vysshaya shkola ekonomiki, 2014, 24 p.
16. Sudarenko D.A. *Issledovano v Rossii*, 2002, no. 124, pp. 1381-1384. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2002/124.pdf>
17. Sudarenko D.A. *Issledovano v Rossii*, 2003, no. 201, pp. 2379–2381. URL: <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2003/201.pdf>
18. Adzhibekov A.A., Zhukov A.A., Alekseev O.A. *Trudy MAI*, 2016, no. 87. URL: <http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=69728>

Труды МАИ. 2021.Выпуск № 120

Trudy MAI. 2021.Issues no.120

19. Dudakov N.S., Makarov K.V., Timoshenko A.V. *Trudy MAI*, 2016, no. 90. URL:

<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=74844>

20. Kuznetsov A.S., Kuznetsov S.N., Postnikova V.N. *Trudy MAI*, 2015, no. 83. URL:

<http://trudymai.ru/eng/published.php?ID=62218>

Статья поступила в редакцию 21.08.2021; одобрена после рецензирования 30.08.2021; принята к публикации 22.10.2021.

The article was submitted 21.08.2021; approved alter reviewieng 30.08.2021; accepted for publication 22.10.2021.