

# Оценка рынка тонкопленочных пассивных компонентов

М. Макушин<sup>1</sup>

УДК 621.37 | ВАК 2.2.2

Развитие технологий тонкопленочных пассивных компонентов связано с миниатюризацией конечных электронных систем, появлением портативной, мобильной электроники. Использование тонкопленочных пассивных компонентов позволяет уменьшать размеры плат, модулей и конечных систем. Эти компоненты, как правило, обладают более прецизионными и стабильными характеристиками по сравнению с обычными пассивными компонентами. В то же время они сложнее и дороже в изготовлении. Помимо стоимостного фактора, сдерживает развитие рынка тонкопленочных пассивных компонентов и рост объемов контрафактной продукции.

**К** движущим силам развития рынка тонкопленочных пассивных компонентов можно отнести расширение использования электромобилей и гибридных электромобилей, увеличение спроса на портативную потребительскую электронику, мобильное медицинское оборудование, развертывание сетей/средств связи поколения 5G, Интернета вещей и промышленного Интернета вещей, требования к повышению энергоэффективности промышленного оборудования и т. п.

Наибольшие объемы продаж тонкопленочных пассивных компонентов наблюдаются в странах Азиатско-Тихоокеанского региона и, в первую очередь, КНР. На многих секторах рынка тонкопленочных пассивных компонентов наблюдается доминирование ограниченного числа фирм – на трех первых изготовителей приходится от 50 до 80% продаж. Традиционно устойчивые позиции на данном рынке занимают американские и японские фирмы. Но, как и во многих других сегментах полупроводниковой промышленности, наблюдается увеличение активности и значимости китайских фирм.

## ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ КОНДЕНСАТОРЫ

По данным ресурса MarketWatch, объем мировых продаж пленочных конденсаторов в 2021 году оценивался в 3,233 млрд долл. Предполагается, что в 2027 году он достигнет 4,612 млрд долл., а среднегодовые темпы прироста продаж в сложных процентах (CAGR) за прогнозируемый период составят 6,1% [1]. Предполагается, что в обозримой

перспективе одним из основных факторов развития рынка пленочных конденсаторов будет растущее использование электромобилей и гибридных электромобилей, а также увеличение инвестиций в НИОКР. Также перспективным рынком остаются средства генерации электроэнергии на основе возобновляемых источников, но развитие этого сектора затрудняется техническими и стоимостными трудностями. Крупнейшим рынком пленочных конденсаторов являются страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), а среди них – КНР. Ведущими производителями пленочных конденсаторов являются фирмы Cornell Dubilier Electronics, Hitachi High-Technologies, Nichicon, Panasonic, Suntan Technology, TDK, Vishay Intertechnology, WIMA, Xiamen Faratronic и Yageo [2].

Тонкопленочными считаются конденсаторы, изготовленные из пленок толщиной менее 1 мкм. Они используются либо в металлизированном, либо в необработанном виде, в зависимости от их конечного применения. При изготовлении тонкопленочных конденсаторов обычно используются пластиковые диэлектрики, такие как полипропилен, полиэтилентерефталат, полиэтиленнафталят и полифениленсульфид. Наиболее широко используемой пленкой в тонкопленочных конденсаторах является полипропилен – благодаря своим низким и стабильным свойствам рассеивания. Однако в применениях, требующих высокой температуры и поверхностного монтажа, полиэтилентерефталат предпочтительнее полипропилена из-за низкой температуры плавления последнего [3].

По данным ресурсов 360 ResearchReports и MarketWatch, объем мировых продаж тонкопленочных конденсаторов в 2021 году оценивался в пределах 1,324–1,612 млрд долл. Предполагается, что в 2027–2028 годах он достигнет

<sup>1</sup> НОБ «Военные науки и оборонная промышленность» БРЭ, научный редактор.

1,87–2,62 млрд долл., а CAGR за прогнозируемые периоды составят 5,9–7,2%. Предполагается, что в обозримой перспективе основным фактором развития рынка тонкопленочных конденсаторов будет растущий спрос на энергоберегающие альтернативы, в том числе, по таким направлениям, как:

- развитие рынков средств 5G-связи;
- растущий объем продаж потребительских электронных устройств;
- распространение промышленного Интернета вещей и разработка энергоэффективного промышленного оборудования;
- разработка интеллектуальных сетей для улучшения общего обслуживания и эксплуатации электрических сетей.

Помимо этого, развитию рынка тонкопленочных конденсаторов будут способствовать распространение электромобилей/гибридных электромобилей, ускоренная электрификация транспортных средств.

Крупнейшим рынком тонкопленочных конденсаторов являются страны АТР, и, в первую очередь, КНР. Основными изготовителями тонкопленочных конденсаторов являются фирмы TDK, Rubicon (Япония), Vishay, AТC, KEMET Electronics, AVX (США), DuPont Teijin Films (Япония/Люксембург), WIMA (ФРГ) и Inner Mongolia Yuan Hua (КНР, подразделение Huawei). При этом на долю трех ведущих поставщиков тонкопленочных конденсаторов (TDK, Vishay и АТС) в 2021 году пришлось более 60% продаж [3, 4].

## ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ РЕЗИСТОРЫ

По данным ресурса MarketWatch, продажи тонкопленочных резисторов в 2019 году составили 524,7 млн долл., а в 2025 году они достигнут 633,3 млн долл. CAGR за прогнозируемый период составляет 4,8%. Предполагается, что в 2028 году продажи тонкопленочных резисторов могут превысить уровень в 735 млн долл. Как правило, тонкопленочные резисторы, по сравнению с толстопленочными, более точны и стабильны, что позволяет использовать их в высокотехнологичных оборудовании и аппаратуре. Однако это делает их более дорогостоящими, чем их толстопленочные аналоги.

Интересно отметить, что развитие и распространение 5G-сетей/средств связи приводит к росту спроса как на толстопленочные, так и на тонкопленочные резисторы.

Основными конечными рынками потребления тонкопленочных резисторов являются контрольно-измерительные аппаратура и приборы, медицинское и промышленное оборудование, автомобильная электроника, средства связи.

Для наиболее чувствительных применений предназначены ультрапрецизионные резисторы с допуском 0,05%. Также пользуются высоким спросом и приборы

с допусками 0,1 и 1%. У наиболее дешевых тонкопленочных резисторов показания допуска могут быть выше.

Основными производителями тонкопленочных резисторов считаются фирмы Vishay, Bourns (США), KOA, Susumu, Panasonic (Япония), Viking Tech, Yageo, Walsin Technology, Ta-I Technology, UniOhm, Ralec Electronics, Ever Ohms (Тайвань), TE Connectivity (США/Швейцария), Samsung Electro-Mechanics (Ю. Корея). Три крупнейших поставщика – Vishay, KOA, Susumu [5, 6].

## ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ИНДУКТОРЫ

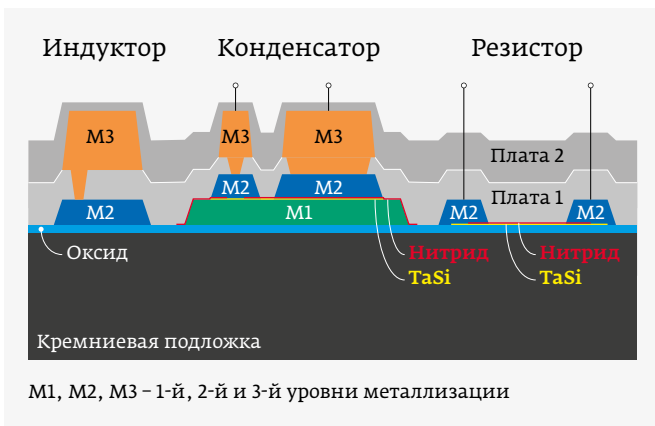
По данным ресурса Research and Markets, мировой рынок пленочных индукторов всех типов в 2019 году оценивался в 3,8 млрд долл., а в 2025 году он достигнет 4,7 млрд долл. при CAGR за прогнозируемый период в 4,19%. В то же самое время ресурс MarketsandMarkets оценивает продажи пленочных индукторов в 2022 году в 5,1 млрд долл., а в 2027 году прогнозирует их рост до 7,0 млрд долл. и CAGR данного временного отрезка на уровне 6,6%. Основные факторы роста – внедрение инноваций и появление новых изделий потребительской электроники, тенденции распространения «умных городов» и «умных домов», требующих энергоэффективных систем, распространение электромобилей и гибридных электромобилей [7, 8].

По оценкам, тонкопленочные индукторы занимают от 40 до 50% рынка пленочных индукторов в целом. Основными движущими факторами развития этого сегмента рынка индукторов являются не только растущий спрос на портативную потребительскую электронику и растущее использование электромобилей, но и достижения в области беспроводных технологий, таких как 4G и 5G. Развитие сетей и средств связи, Интернета вещей и промышленного Интернета вещей расширили возможности применения тонкопленочных индукторов не только в широком спектре потребительских применений, но и в промышленном секторе, на транспорте в промышленном и коммерческом секторах. Ведущими поставщиками тонкопленочных индукторов являются фирмы TDK, Murata, Taiyo Yuden, Sumida, Mitsumi Electric (Япония), Vishay (США), Chilis Electronics (Тайвань), Sunlord Electronics, Shenzhen Microgate Technology (КНР), Samsung Electro-Mechanics (Ю. Корея). Крупнейшие поставщики – TDK, Murata, Vishay [9, 10].

## ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ПАССИВНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

### Интегрированные и тонкопленочные интегрированные пассивные приборы

Интегрированные пассивные приборы (IPD, Integrated Passive Devices) в первую очередь объединяют резисторы, индукторы и конденсаторы (рис. 1), а также другие пассивные компоненты. Сама технология существует уже



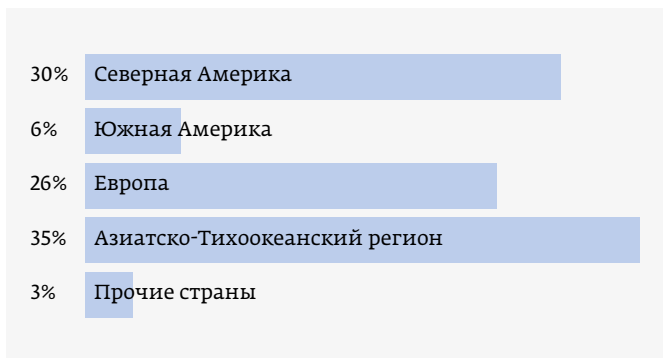
**Рис. 1.** Структура тонкопленочного интегрированного пассивного прибора (иллюстрация не масштабирована).  
Источник: STATS ChipPAC

достаточно давно, но в последние 10–15 лет интерес к ней существенно вырос – за счет появления новых рынков и новых приложений на существующих рынках. IPD также можно определить как набор специализированных технологических процессов, позволяющих интегрировать несколько пассивных устройств в одном изделии. Такой подход, как правило, обеспечивает высокие коэффициенты интеграции и хорошую производительность.

Это делает IPD особенно привлекательными для использования в приборах типа «система-в-модуле» (system-in-package, SiP). Факторами, определяющими использование IPD в SiP, являются соотношение длины и ширины, масштабирование (пропорциональное уменьшение размеров) кристалла, а также уменьшение высоты. С точки зрения эксплуатационных характеристик IPD демонстрируют (по сравнению с использованием дискретных пассивных компонентов) снижение электрических потерь, улучшение высокочастотных характеристик и добротности, а также ряд других преимуществ.

IPD реализуются в двух вариантах – с использованием толстопленочных и тонкопленочных технологий [11].

Доступных данных о продажах IPD и тонкопленочных IPD относительно мало, при этом каждая аналитическая фирма использует свою методику расчета. Так, по данным ресурса Industry ARC, продажи IPD в 2021 году составили 880 млн долл., а в 2027 году они вырастут до 1,4 млрд долл., при CAGR в 8,0%. Ресурс ReportLinker оценивает продажи IPD в 2021 году в 1,745 млрд долл., а на 2028 год прогнозирует их увеличение до 3,6 млрд долл. при CAGR в 10,9%. Соответственно, исчисление по сложным процентам на 2025 год дает по первому ресурсу продажи в 1,197 млрд долл., а по второму ресурсу – 2,6 млрд долл. [12, 13, 14]. Соответственно, с учетом прогноза Yole Développement (Лион, Франция) о продажах тонкопленочных IPD в 2025 году в 607 млн долл., долю их продаж



**Рис. 2.** Географическая структура рынка IPD в 2021 году

в общих продажах IPD можно с существенными оговорками определить в пределах от 23,3 до 50,7%.

Наибольшая доля продаж IPD в 2021 году пришлась на страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР), главными их потребителями стали КНР и Индия (рис. 2).

Крупнейшими секторами конечного потребления IPD являются автомобильная, медицинская и потребительская электроника. Основные факторы увеличения продаж IPD – растущее использование смартфонов, приборов Интернета вещей, различной портативной электроники, телевизоров на светоизлучающих диодах (СИД / LED) [12]. Крупнейшими поставщиками IPD (перечислены по убыванию продаж) являются фирмы Murata, TSMC, Vishay, Skyworks, Microchip Technology, NXP, Qualcomm, Macom, Qorvo и STMicroelectronics [14].

Основным ограничением широкого распространения IPD (в том числе тонкопленочных) является их высокая стоимость по сравнению с дискретными пассивными компонентами. Известно, что для оптимизации рентабельности большое значение имеет снижение издержек – но традиционные печатные платы предназначены не для IPD, а для дискретных пассивных компонентов, поэтому использование таких плат с IPD ведет к дополнительным затратам. Кроме того, дискретные компоненты стали массовым товаром и широко используются. Поэтому отношение стоимости одного дискретного компонента к IPD составляет 1:31. Ожидается, что в перспективе это барьер снизится, поскольку основные поставщики активно работают над снижением цен IPD [12].

### Общая оценка рынка тонкопленочных IPD на период до 2025 года

Тонкопленочные IPD в основном изготавливаются на кремнии, стекле или других подложках, обеспечивающих уникальные эксплуатационные характеристики. Использование тонкопленочных IPD – это экономичный способ уменьшить занимаемую пассивными компонентами площадь (и объем), снизить сложность межсоединений, улучшить эксплуатационные характеристики и допуски,



|| 2022  
[www.kulon.spb.ru](http://www.kulon.spb.ru)

# РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

## СЕРИЙНАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- многослойные конденсаторы:  
К10-17, К10-42, К10-47, К10-50,  
К10-54, К10-57, К10-79, КМК;
- трубчатые конденсаторы:  
ТК, К10-51К, КТП, КТ-1Е;
- фильтры: Б14, Б23А, Б23Б,  
Б28, Б29, Б7-2, Б24.

## НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ:

- варисторы ВР-18, ВР-19;
- фильтры Б36;
- конденсаторы К10-89, К10-90.

повысить выход годных и надежность. Использование в качестве подложки кремния позволяет снизить стоимость материалов и системы в целом, облегчить масштабирование и увеличить надежность – несмотря на некоторые ограничения по добротности, существующие при нанесении тонких пленок на кремний. В настоящее время основными сферами применения тонкопленочных IPD являются радиочастотные модули, ультраширокополосные беспроводные локальные сети, портативные устройства и сотовые телефоны [11].

Ведущими поставщиками тонкопленочных IPD являются STATS ChipPAC (Сингапур), ON Semiconductor, Texas Instruments, Johanson Technology, OnChip Devices (США), Infineon (ФРГ), STMicroelectronics (Швейцария), Murata IPDIA (Япония), Global Semiconductor (КНР), 3DiS Technologies (Франция), Advanced Furnance Systems (Тайвань). Крупнейшие поставщики – STATS ChipPAC, ON Semiconductor, Infineon.

По данным исследовательской группы Yole Développement, несмотря на уникальные возможности и более чем двадцатилетнее присутствие на рынке, технология тонкопленочных IPD, по-прежнему, занимает ограниченную часть рынка пассивных компонентов. Однако даже малая доля в этой крупной отрасли может позволить добиться значительных результатов. Со временем технология тонкопленочных IPD проникла в несколько перспективных областей применения и нашла свои точки.

В настоящее время основным сегментом рынка тонкопленочных IPD, демонстрирующим как наибольшие объемы продаж, так высокий CAGR, является сегмент заказных радиочастотных IPD, используемых в радиочастотных модулях, особенно для перспективных приложений средств и сетей связи пятого поколения (5G). В частности, это фильтры для диапазонов больших частот и схемы с сосредоточенными элементами\* для согласования импедансов. Ожидается, что в 2025 году объем продаж тонкопленочных заказных радиочастотных IPD достигнет 360 млн долл., а CAGR за 2019–2025 годы 8,2% (рис. 3).

На втором месте находится сегмент тонкопленочных IPD, приобретаемых в готовом виде на коммерческом рынке. Такие приборы используются для защиты от электромагнитных помех в приложениях со строгими требованиями к применению или для основных радиочастотных операций, таких как симметрирование или фильтрация. В 2025 году объем этого рынка составит 195 млн долл., CAGR за прогнозируемый период – 3,15%.

Наиболее высокие CAGR – 15,2% (при прогнозируемых продажах в 21,7 млн долл. в 2025 г.) – демонстрирует сегмент развязывающих емкостей, встраиваемых в прикладные процессоры. Одним из движущих факторов развития данного сегмента является расширение использования перспективных методов 3D-интеграции изделий микроэлектроники.

Это перспективный рынок с высоким косвенным потенциалом наращивания стоимости. Сами по себе IPD этого типа составляют незначительную часть стоимости конечного изделия микроэлектроники

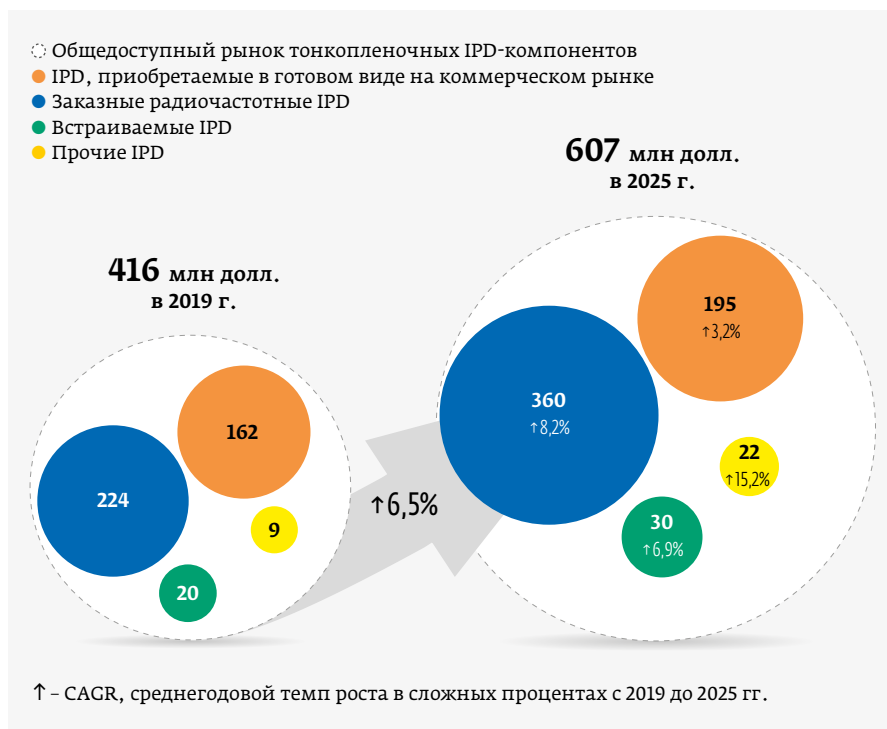


Рис. 3. Прогноз изменения структуры рынка тонкопленочных интегрированных пассивных приборов до 2025 года. Источник: Yole Développement

\* Описываются моделями сосредоточенных элементов (lumped-element model), также называемыми моделями сосредоточенных параметров или моделями сосредоточенных компонентов (lumped-parameter model, lumped-component model), упрощающих описание поведения пространственно-распределенных физических систем, таких как электрические цепи, в топологию, состоящую из дискретных объектов, которые приближают поведение распределенной системы при определенных допущениях. Такие модели полезны в электрических системах (включая электронику), механических системах с несколькими подложками, акустике, анализе теплопередачи и т. д.

**Таблица 1.** Основные изготовители тонкопленочных пассивных компонентов по стране регистрации штаб-квартир

Тип тонкопленочных компонентов	Конденсаторы	Резисторы	Индукторы	IDP
Разбивка по регистрации штаб-квартир	Европа - 1 штаб-квартира, КНР - 1, США - 4, Япония - 2, Совместное предприятие - Люксембург / Япония	Тайвань - 7, США - 2, Ю. Корея - 1, Япония - 3, Совместное предприятие - США / Швейцария	КНР - 2, США - 1, Тайвань - 1, Ю. Корея - 1, Япония - 5	КНР - 1, Сингапур - 1, США - 4, Тайвань - 1, Франция - 1, ФРГ - 1, Швейцария - 1, Япония - 1
Три крупнейших поставщика	США - 2 поставщика, Япония - 1	США - 1, Япония - 2	США - 1, Япония - 2	Сингапур, США, ФРГ

(ИС, модуль), но использование данной технологии имеет значение при выборе поставщика услуг кремниевого завода (контрактное производство полупроводниковых приборов), что делает их стратегической технологией для производителей компонентов.

К сегменту «прочих тонкопленочных IPD» относятся развязывающие емкости для всех других применений (помимо встраивания в прикладные процессоры), включая медицинские, промышленные, авиационные и т. д. Емкость этого сегмента в 2025 году ожидается на уровне в 30 млн долл. при CAGR за рассматриваемый период в 6,9%.

Как известно, технология тонкопленочных IPD обладает существенными перспективами в плане массового освоения в производстве полупроводниковых приборов. Поэтому отраслевые аналитики внимательно изучают экономические и технологические проблемы изготовления тонкопленочных IPD. В первую очередь, они пытаются определить, каковы основные движущие силы развития данного рынка, какие поставщики и инновационные технологии наиболее перспективны [15].

\* \* \*

Следует отметить, что если на рынке пассивных компонентов в целом лидируют азиатские поставщики, то на рынке тонкопленочных пассивных компонентов ведущие позиции занимают фирмы США и Японии (табл. 1). Что касается тонкопленочных IPD, то здесь в первую тройку, помимо США, входят Сингапур и ФРГ. Также существенно присутствие фирм Тайваня и КНР. При этом китайский производитель тонкопленочных конденсаторов, Inner Mongolia Yuan Hua, примечателен как расположением вдали от восточного побережья страны, где сосредоточена большая часть полупроводниковой промышленности КНР, так и тем, что он является довольно успешным подразделением корпорации Huawei, серьезно пострадавшей от американских санкций. Кстати, создание производств в других частях страны, помимо восточного побережья, является одной из стратегических целей правительства страны, стремящихся к более равномерному развитию всех регионов.

Дальнейшее развитие сегментов рынка тонкопленочных пассивных компонентов будет зависеть от нескольких



**ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО**  
**Протон-Импульс**



302040, Орел, ул. Лескова, 19 / +7 (4862) 303-324 доб. 203, 352  
[energia@proton-impuls.ru](mailto:energia@proton-impuls.ru) / [marketing@proton-impuls.ru](mailto:marketing@proton-impuls.ru)  
[proton-impuls.com](http://proton-impuls.com)

ЗАО «Протон-Импульс» является ведущим производителем светотехнических и оптоэлектронных изделий в России, осуществляя полный цикл производства от разработки до законченных изделий. Предприятие активно реализует программу импортозамещения.

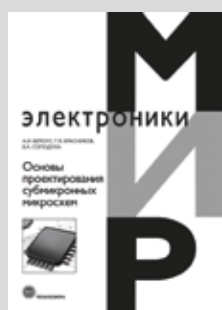


факторов. Во-первых, снижения себестоимости и повышения качества, что повысит их привлекательность для производителей конечных электронных систем. Во-вторых, от конъюнктуры рынка конечных электронных систем. В-третьих, от эффективности борьбы с контрафактной продукцией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Film Capacitor Market Size and Status 2022 Extensively Research Report by Opportunities, Challenges, Risks, Competitive Landscape and Forecast to 2027 // MarketWatch. Published: Aug. 29, 2022
2. Film Capacitor Market Size to Increase by \$ 339.35 mn during 2021–2025 // Technavio. Sep 03, 2021
3. Thin Film Capacitor Market In 2022 with Rising Trends, Technology and Business Outlook 2022 to 2028 // MarketWatch. Published: Aug. 24, 2022
4. Global Thin Film Capacitor Market Research Report 2022 // 360 ResearchReports. Publishing Date: 30-Jun-2022
5. Thin Film Resistors Market 2022 Production Capacity, Restraining Drivers, Size and Landscape Outlook 2028 // MarketWatch. Published: Sept. 18, 2022
6. Global Thin and Thick Film Resistors Market Size By Product, By Application, By Geographic Scope And Forecast. // Verified Market Research. Report ID: 21542. Published Date: Sep 2021
7. Worldwide Inductor Market Insights, 2020 to 2025 – Increasing Demand for Wireless & Connected Devices, Rising Adoption of Electric Vehicles, Growing Inception of 5G Technology // Cision. PR Newswire. Feb 07, 2020.
8. Inductor Market by Size, Share, Trend (2022–2027) // MarketsAndMarkets. Published on Aug. 2022.
9. Thin Film Inductor Market Manufacturers, Suppliers, Vendors Sales, Revenue, Market Share 2022 to 2028 // MarketWatch. Published: Oct. 18, 2022
10. Thin Film Inductors Market Size, Share, Growth, Trends and Forecast to 2022–2028 with Top Countries Data // MarketWatch. Published: Aug. 3, 2022
11. Jeff Dorsch. Integrated Passives Market Gets Active // Semiconductor Engineering, October 9TH, 2017
12. Global Integrated Passive Devices Market Size, Share & Industry Trends Analysis Report By Application, By End User, By Regional Outlook and Forecast, 2022–2028. ReportLinker, July 2022, ID: 6315022
13. Integrated Passive Device Market. Global Opportunity Analysis and Industry Forecast 2019–2026. Allied Market Researchs, Nov. 2022
14. Integrated Passive Devices Market By Type, Substrate, Capability, Application, End Use Industry, Geography – Global Opportunity Analysis & Industry Forecast, 2022–2027 // Industry ARC. Report Code: ESR 91655.
15. Integrated Passive Devices: a growing market pushed by 5G and 3D integration // Yole Group, September 28, 2020

## КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



Цена 1960 руб.

### ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУБМИКРОННЫХ МИКРОСХЕМ

Белоус А. И., Красников Г. Я., Солодуха В. А.

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2021. — 782 с.,  
ISBN 978-5-94836-603-6

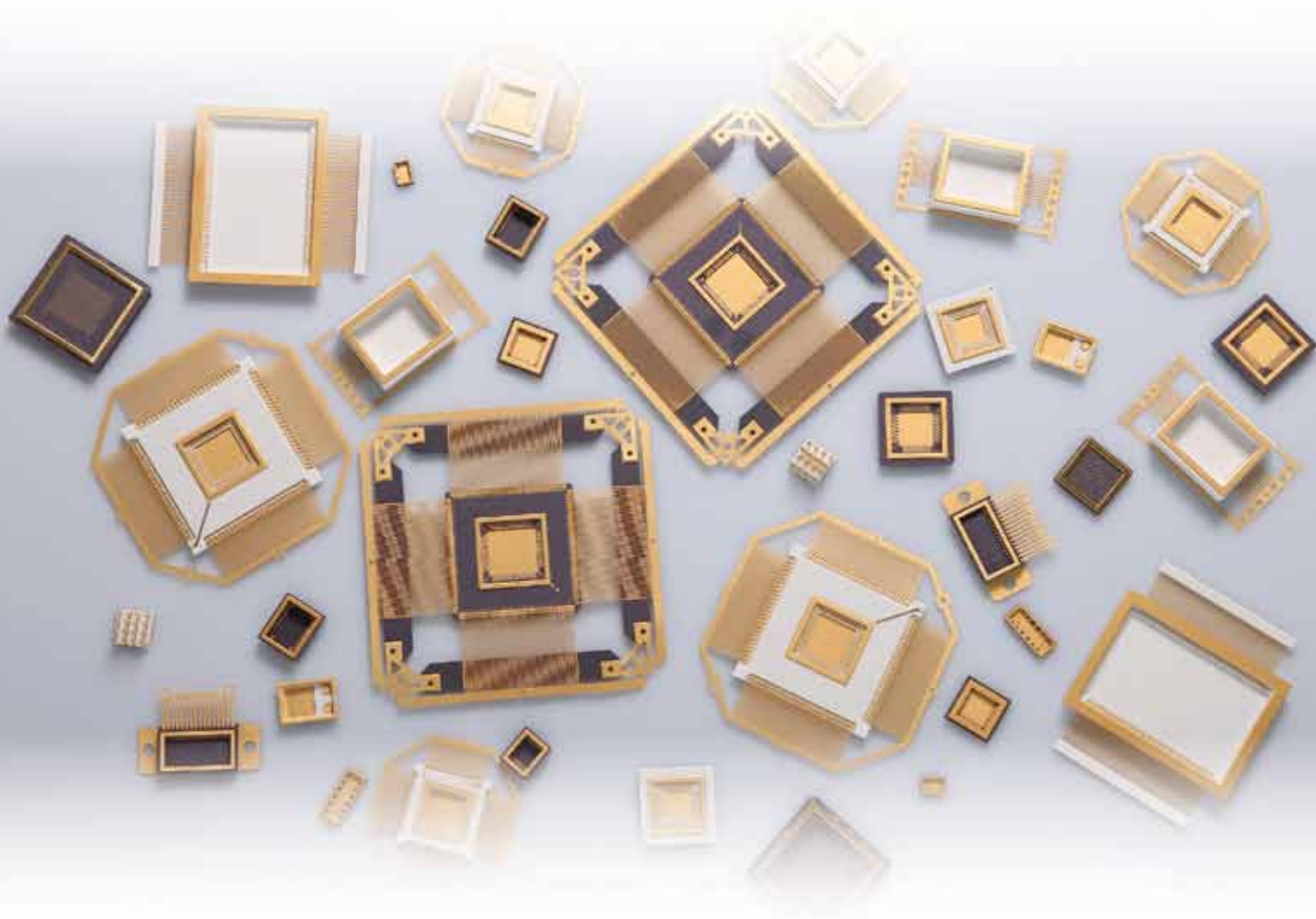
В объеме 14 глав одной книги детально и последовательно рассмотрен весь комплекс взаимосвязанных теоретических и практических аспектов сквозного проектирования и организации производства кремниевых субмикронных микросхем: теоретические основы работы полевых и биполярных транзисторов, методы и особенности конструктивно-схематического проектирования, базовые схемотехнические и системотехнические решения биполярных, КМОП-, БиКМОП- и КНИ-микросхем, методы и средства повышения их радиационной стойкости, стандартные библиотеки проектирования и типовые маршруты проектирования.

Впервые в отечественной научно-технической литературе здесь детально рассмотрены методы логического проектирования КМОП-микросхем с пониженным энергопотреблением, а также основные принципы и методы проектирования кибербезопасных микросхем и систем на кристалле.

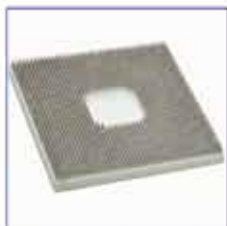
Книга ориентирована на широкий круг читателей: студентов и преподавателей технических университетов, а также инженеров и менеджеров, специализирующихся в области разработки и организации производства субмикронных микросхем.

#### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphera.ru](mailto:knigi@technosphera.ru), [sales@technosphera.ru](mailto:sales@technosphera.ru)



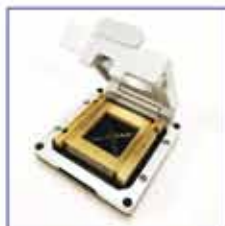
Выводные рамки



Металлокерамические  
корпуса



Нагревательные  
элементы



Контактные  
устройства



Графитовая  
оснастка



Оптоэлектронные  
корпуса

