

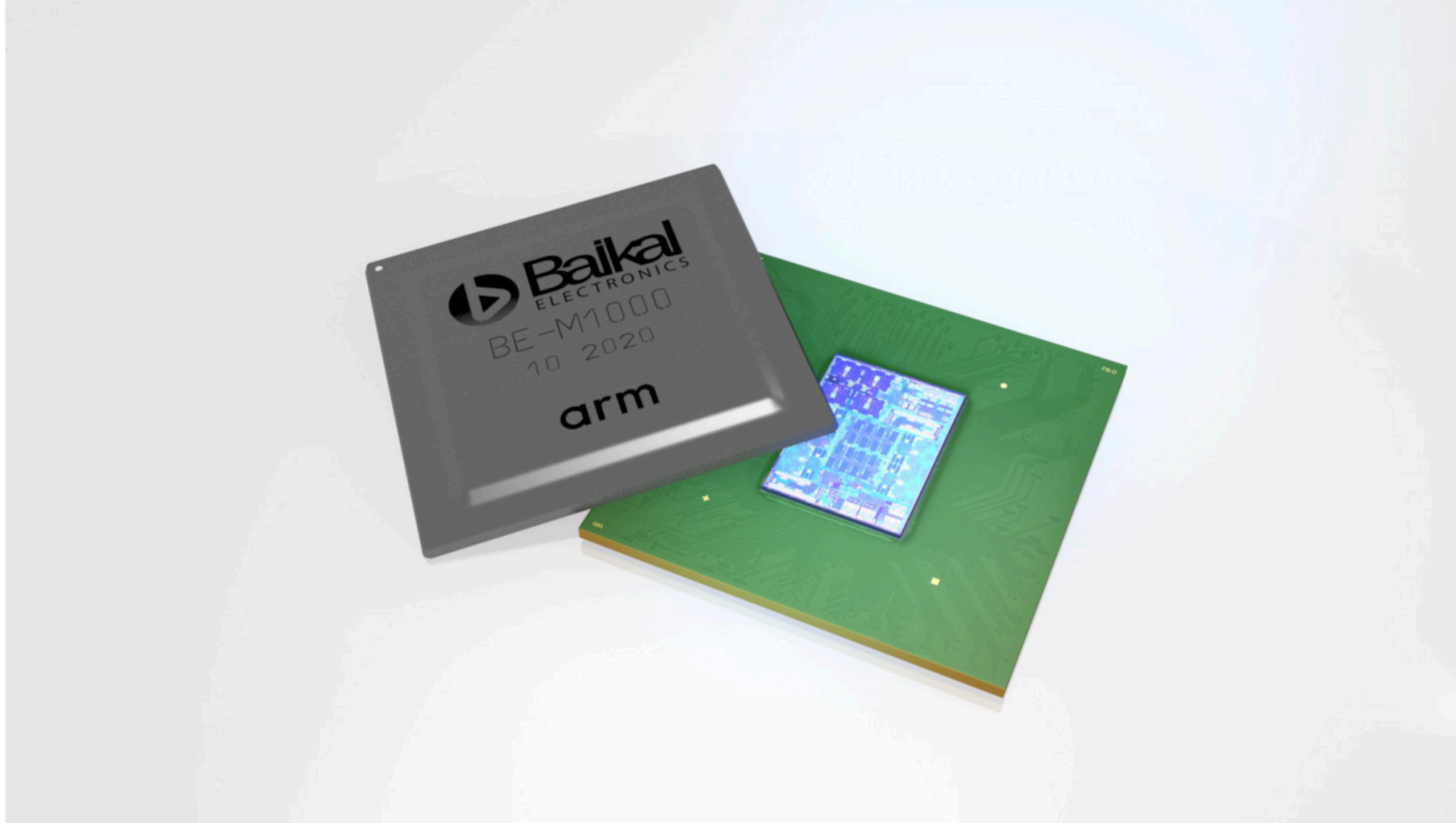
Внутри российского процессора Байкал М

5 мин 56К

Реверс-инжиниринг*Производство и разработка электроники*Компьютерное железоПроцессорыIT-компани

Технотекст 2021

В 2014 году компания Байкал Электроникс приобрела лицензию на самое передовое на тот момент процессорное ядро. После череды инцидентов, повлиявших на дальнейший исход событий, в октябре 2019-го года компания официально представила широкой общественности первый российский процессор общего назначения, реализованный на архитектуре ARM. Создатели решают назвать своё уникальное отечественное детище «Baikal-M».

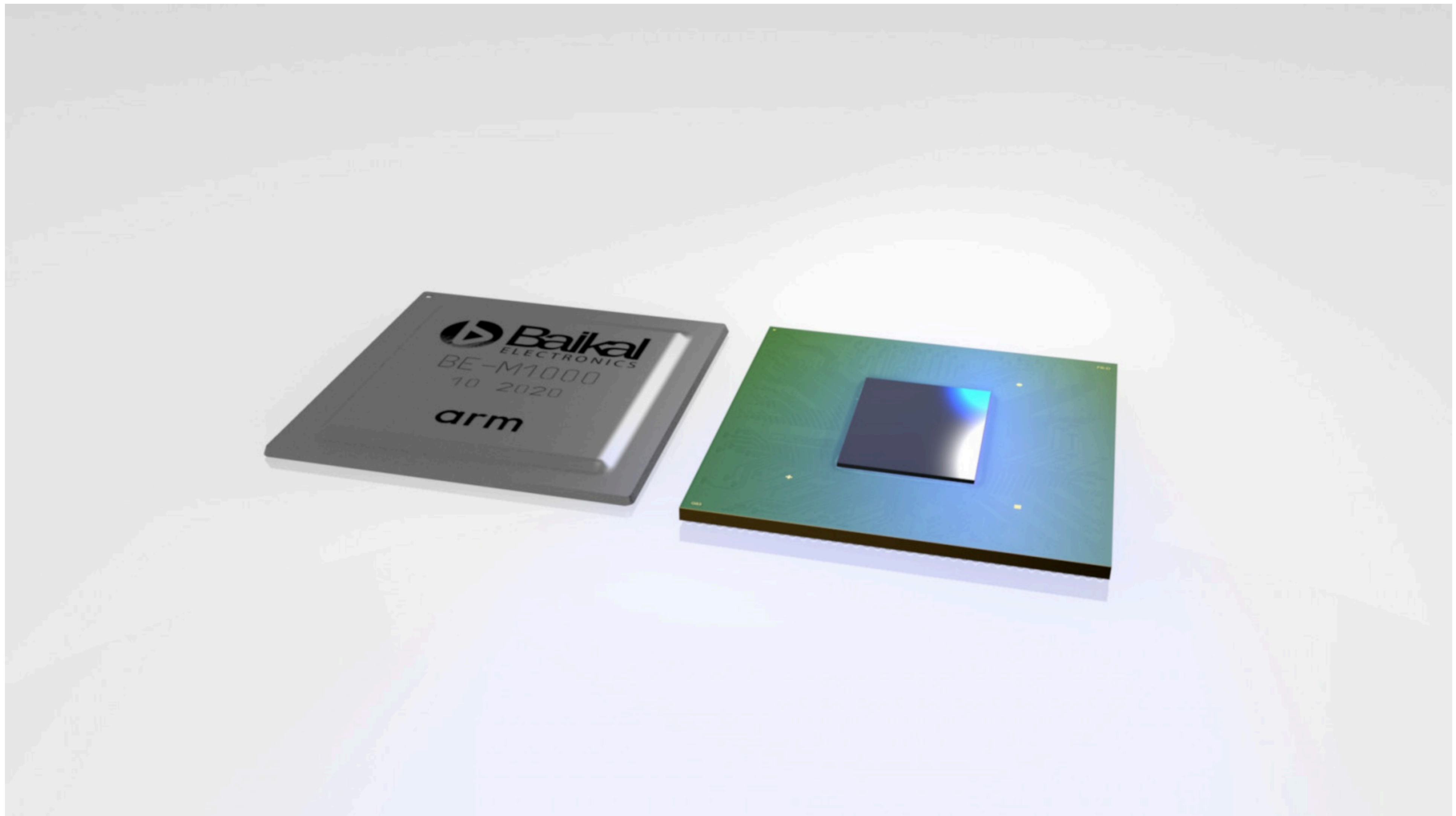


Байкал М

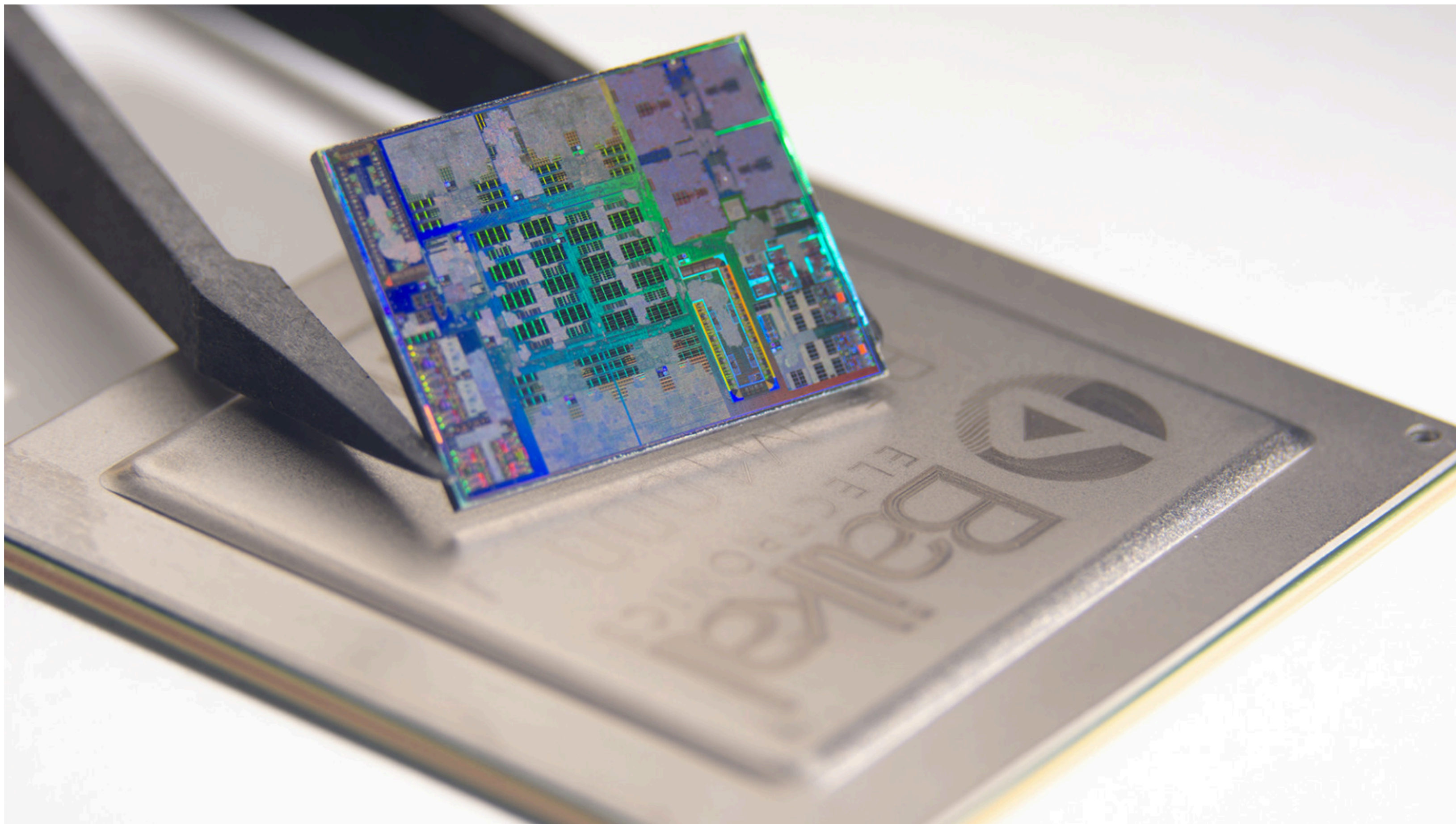
Воплотивший в себя труд около 50 инженеров и три года разработки в октябре 2020 года был признан Минпромторгом микросхемой второго уровня, произведённой на территории Российской Федерации.

В соответствии с действующей нормативной базой, разработчик российской микросхемы второго уровня обязан обладать правами на его конструкторскую документацию, а проектирование, разработка и испытания микросхем должны происходить в границах нашей страны. От микросхем первого уровня они принципиально отличаются только тем, что их непосредственное производство осуществляется за рубежом. Современное положение дел в России таково, что ни одна процессорная разработка малой топологии получить статус первого уровня не может по определению — у нас просто нет соответствующих производственных мощностей.

В 2017 году Михаил Сваричевский осуществлял вскрытие микропроцессора Байкал Т - предыдущей разработки Байкал Электроникс на архитектуре MIPS. Сейчас у нас появилась уникальная возможность взглянуть в полной мере на свеженький Байкал-М, - одну из самых значимых процессорных разработок в России за последние годы.

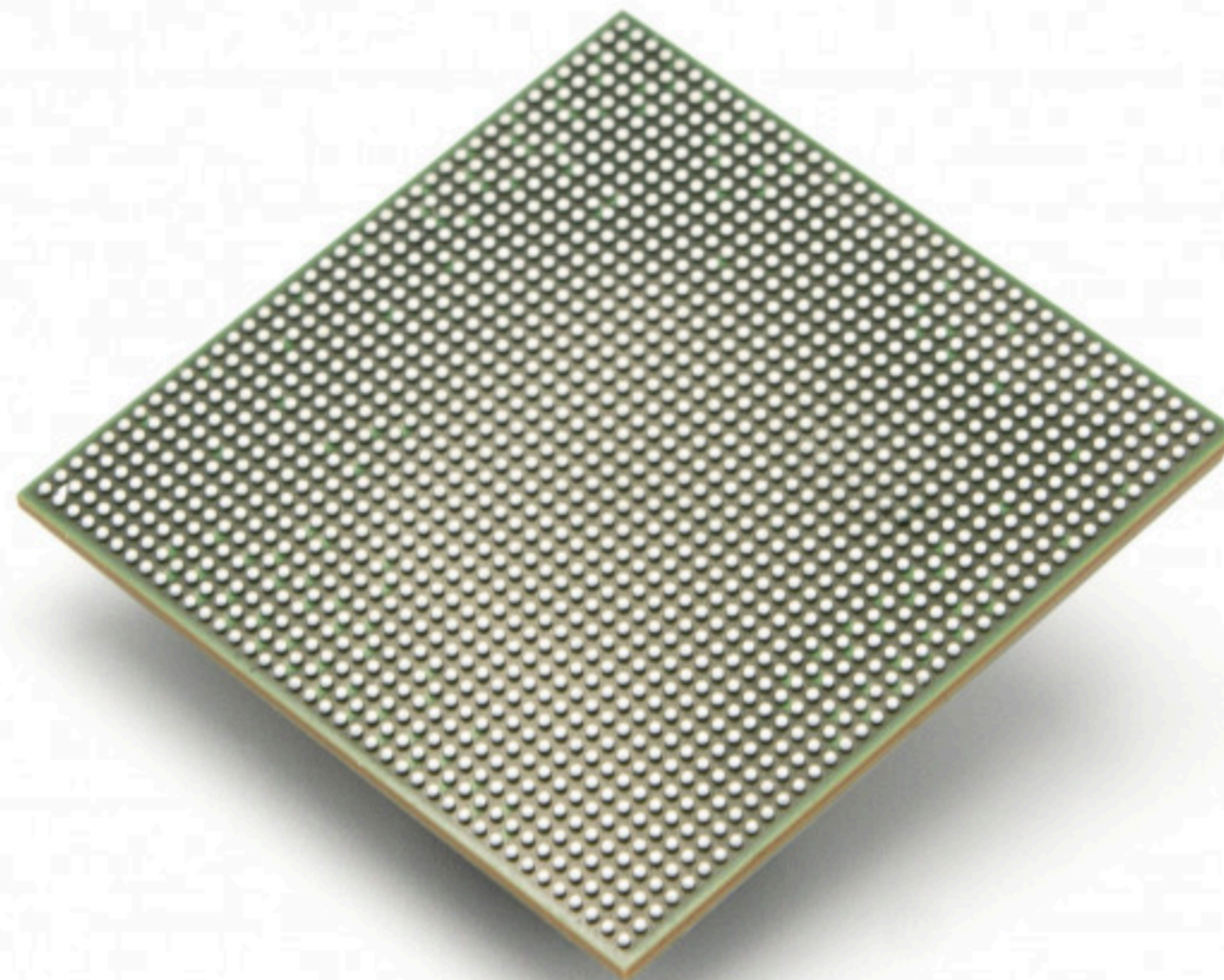


Итак... Байкал M1000 – микропроцессор общего назначения, изготовленный по 28 нанометровым технологическим нормам на заводах тайваньской компании TSMC с использованием десяти металлических слоёв и включающий в себя более двух миллиардов транзисторов. Максимальный TDP Байкал М составляет 35 Ватт.

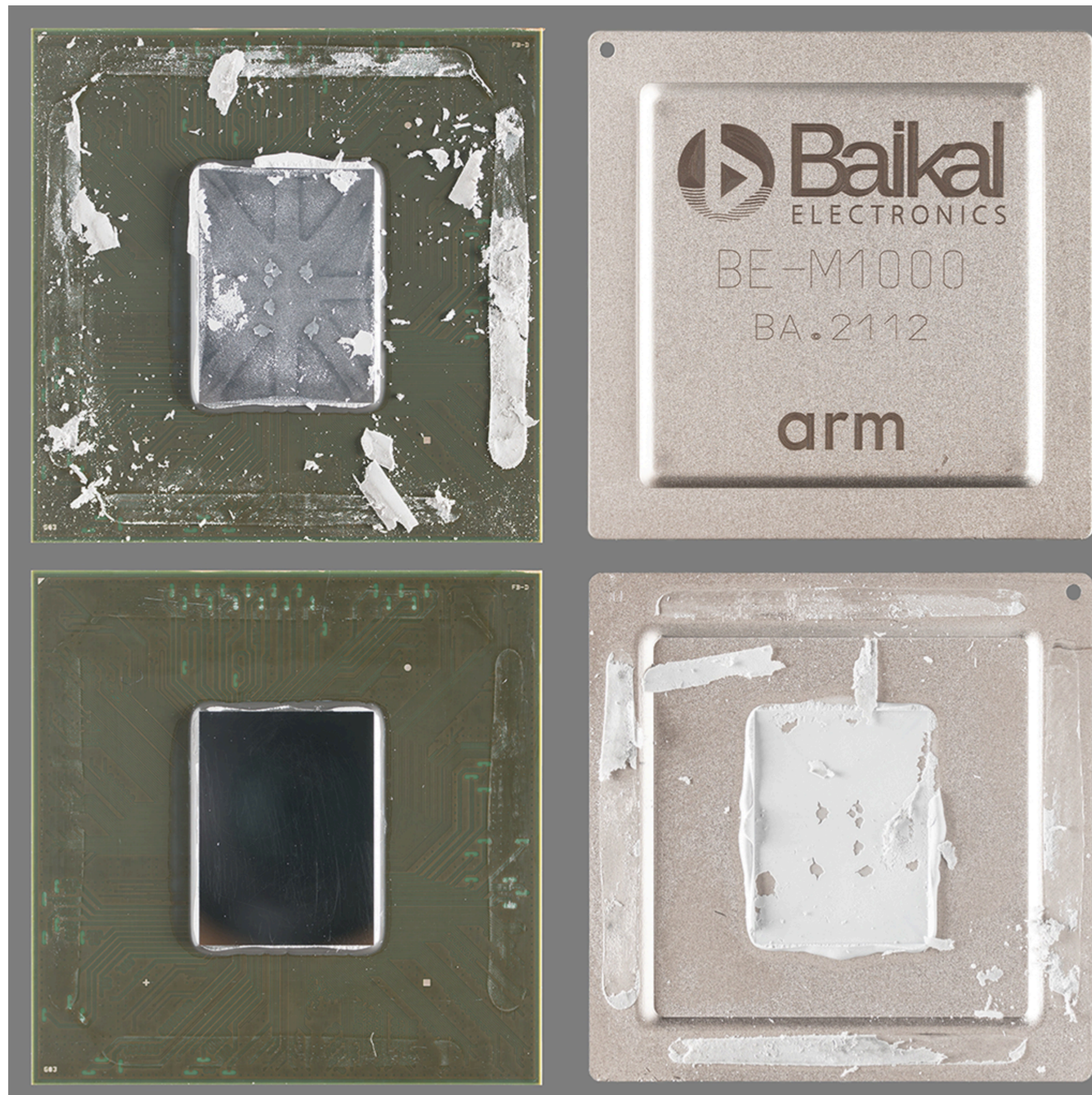


Кристалл микропроцессора Байкал М

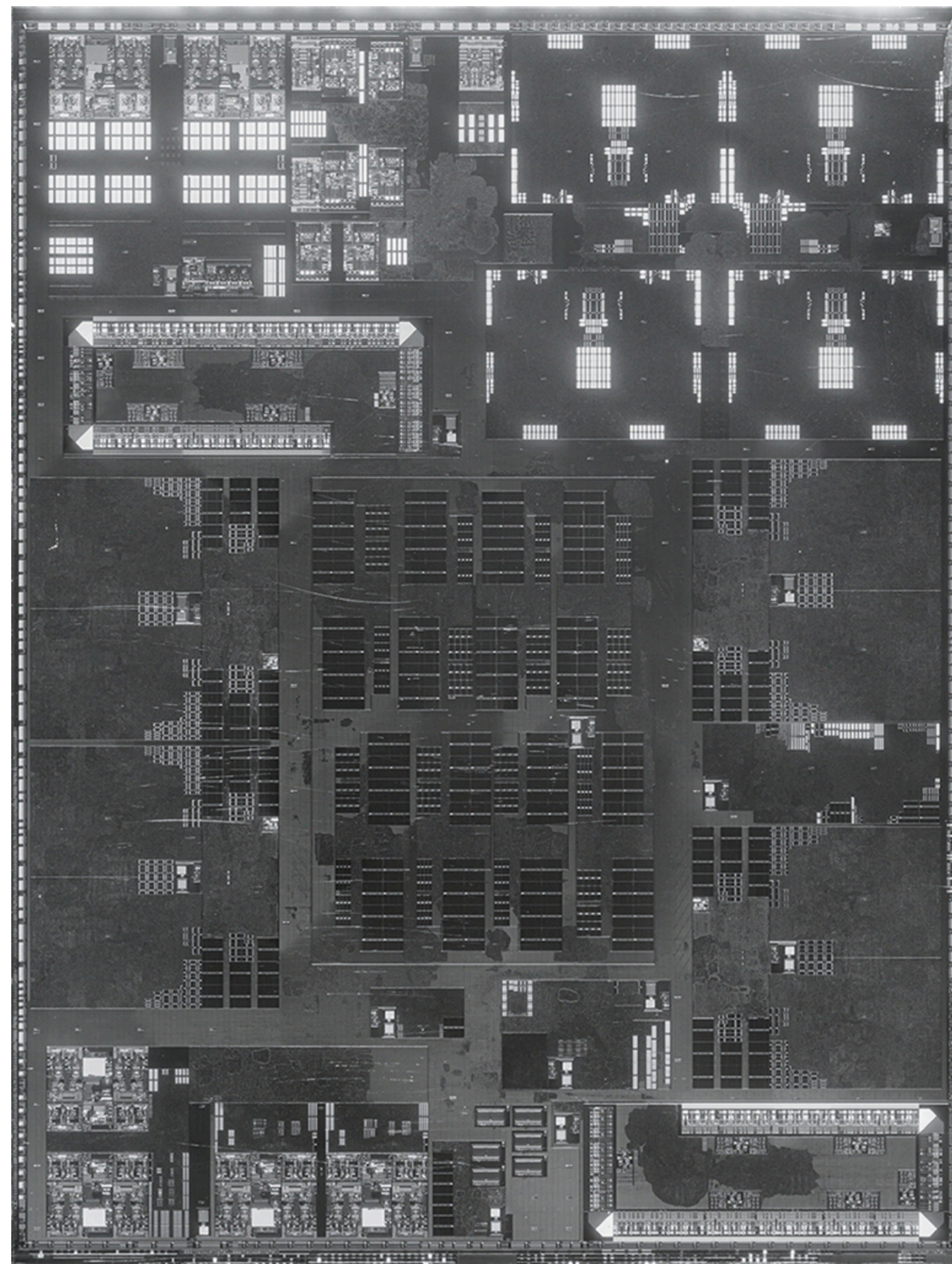
Процессор выполнен в форм-факторе BGA с размерами подложки 40 на 40 миллиметров. Каждый BGA-контакт отвечает за питание и функционирование конкретного элемента на кристалле. У Байкал Электроникс есть достаточно подробный даташит на официальном сайте. Посмотрев карту BGA-контактов, можно без труда определить расположение функциональных блоков.



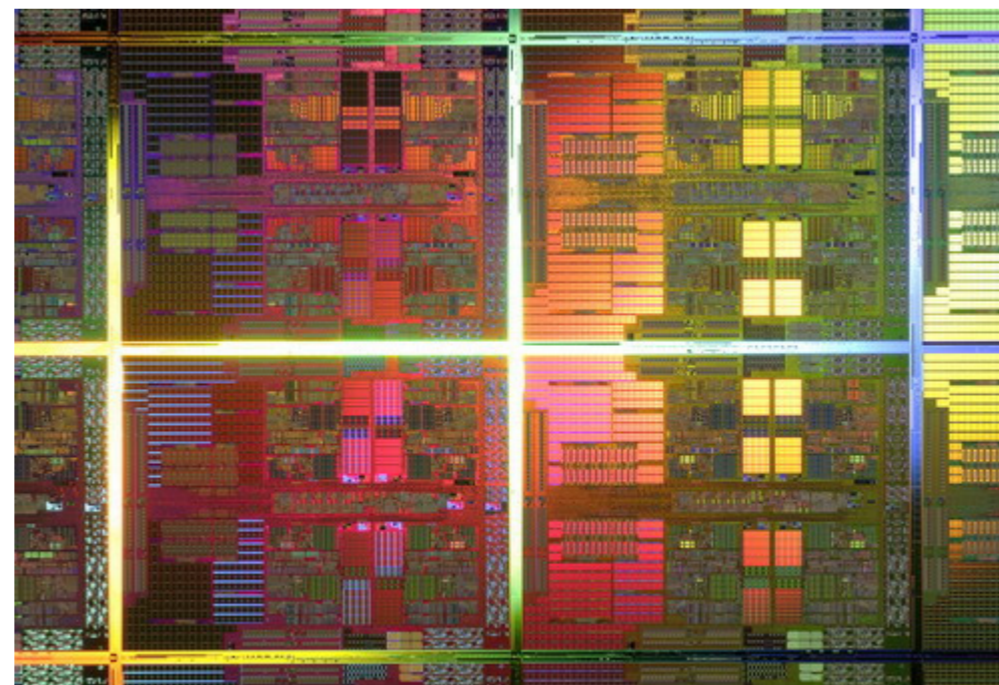
Сняв теплораспределительную крышку, мы видим кристалл с нанесенной на него термопастой.



Площадь кристалла процессора составляет 248,78 квадратных миллиметров. Размер чипа без, так называемых «scribes lines», - областей по периметру чипа, являющихся «мусором» - 239,97 квадратных миллиметров.



Когда на кремниевой пластине уже «напечатаны» будущие чипы, её необходимо разрезать на отдельные составные части. Между топологией каждого кристалла есть специальные разделительные дорожки, по которым осуществляется резка. После разделения остатки разделительных дорожек остаются на кристалле, их размер настолько мал, что производители, указывая площадь микросхемы, зачастую пренебрегают этими значениями.



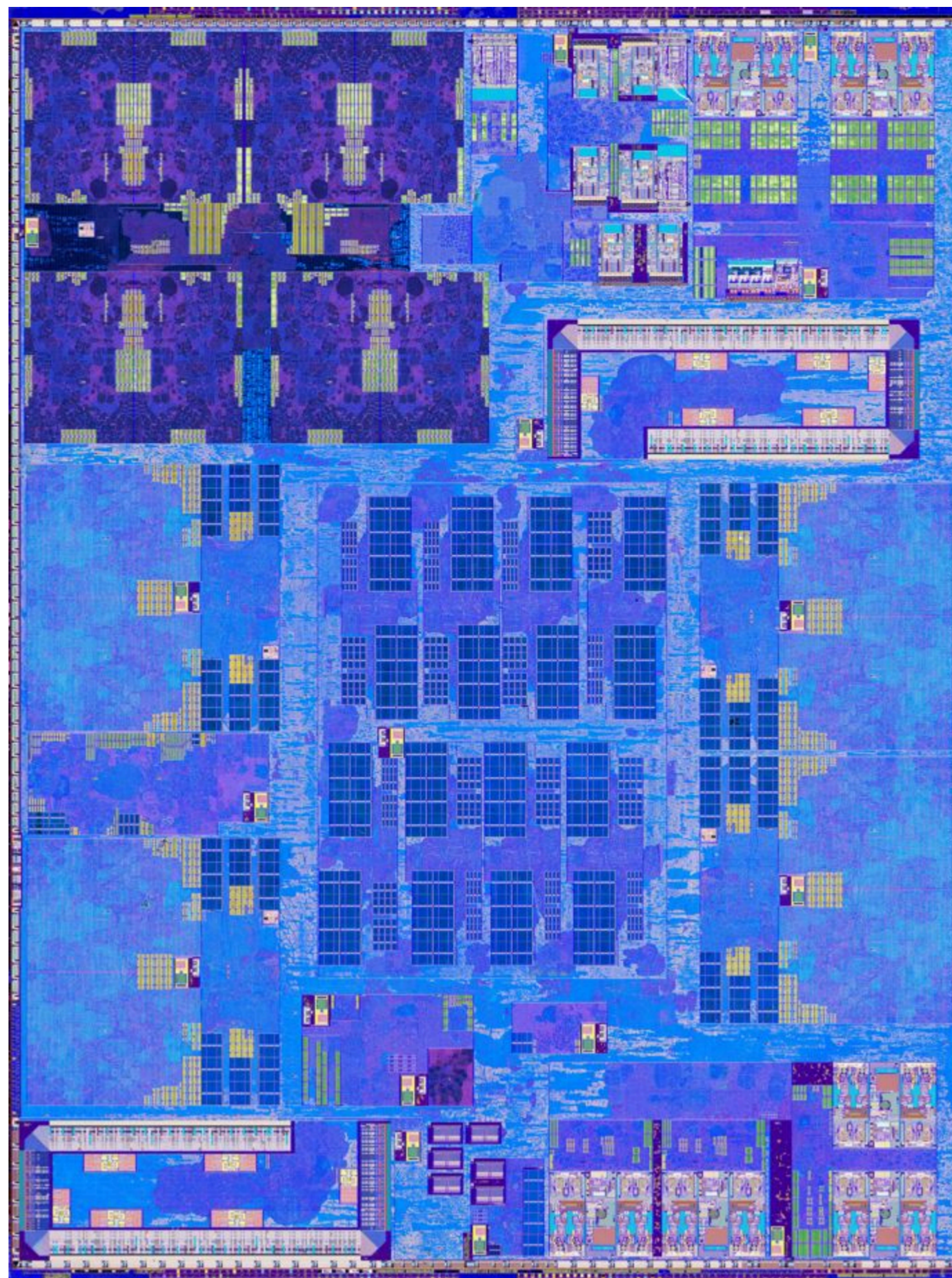
Кристалл, как и большинство современных микропроцессоров, имеет по всей площади контакты, часть которых отвечает за подачу питания по всей поверхности чипа, часть за высокоскоростные и низкоскоростные интерфейсы и тд...



Если приблизить микросхему к нижнему левому углу – можно увидеть логотип компании Байкал и год изготовления микросхемы.

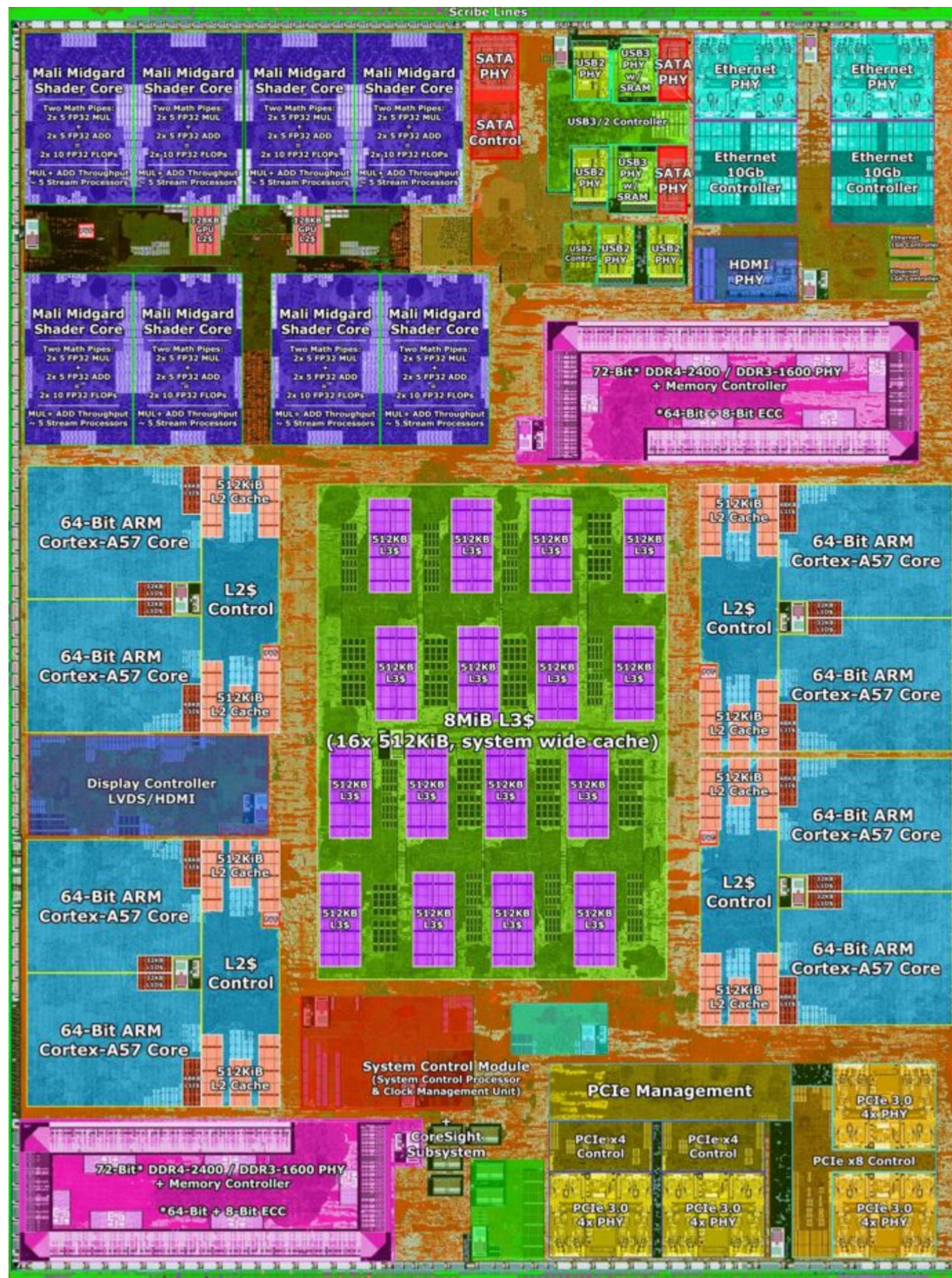


После снятия металлизации мы подобрались к самому интересному – структурным элементам.



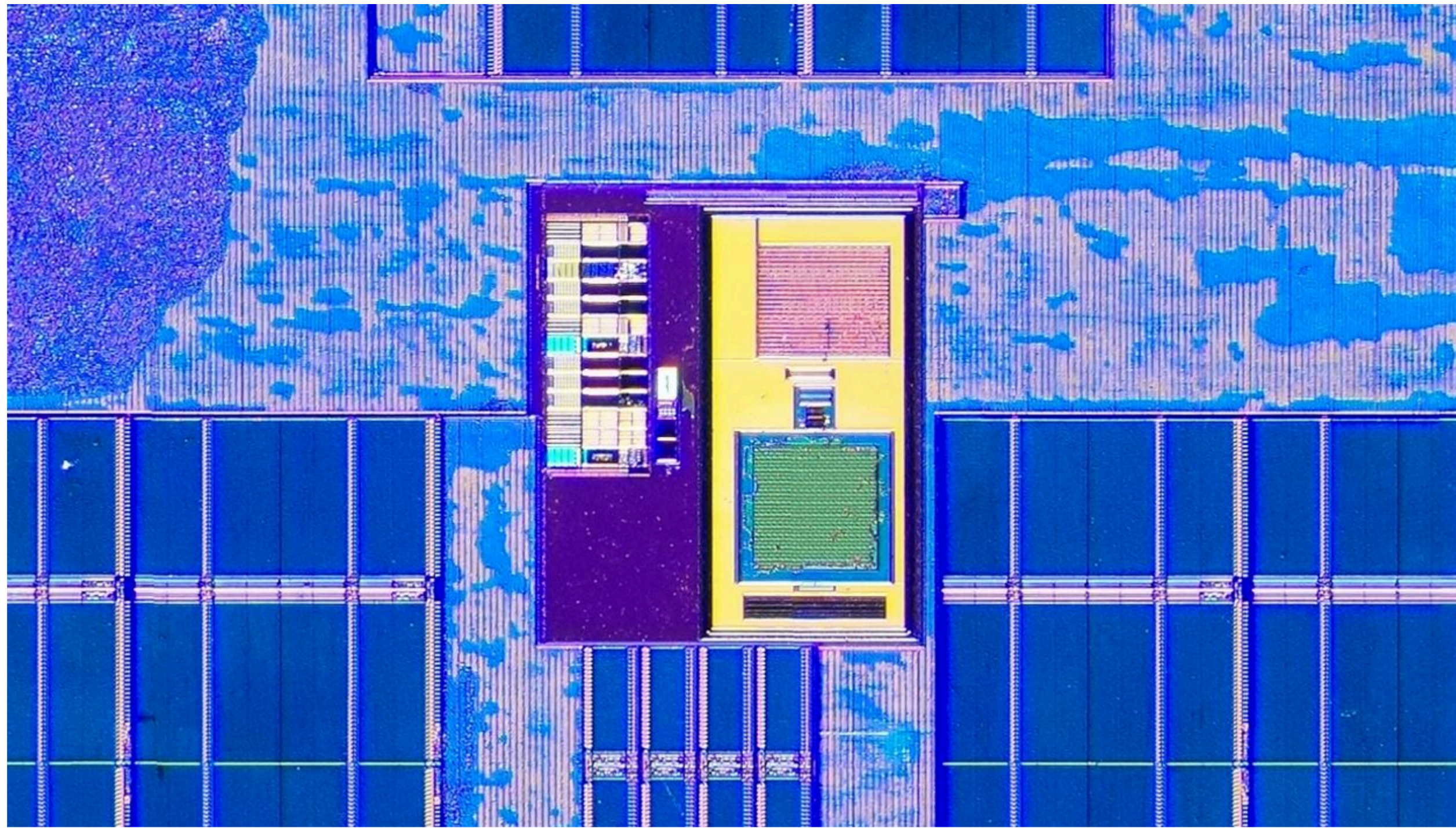
Бесстыдная красота всех его внутренностей

Байкал М имеет 4 двойных процессорных кластера с ядрами ARM Cortex-A57 (или ARMv8-A), первых 64-разрядных ядер HP от ARM, работающих на частоте до 1,5 ГГц. В распоряжении каждого ядра есть кэш второго уровня (L2) размером 512 килобайт, а также кэш первого уровня (L1) включающий в себя 32 килобайта данных и 48 килобайт инструкций. В верхней правой части кристалла интегрирован графический процессор Mali-T628 с восемью шейдерными ядрами (фактически двумя четырёхъядерными кластерами), использующими отдельный общий кэш второго уровня, объёмом в 256 килобайт (по 128 килобайт на каждый кластер). Шейдерное ядро сопоставимо с шейдерным движком и графическими процессорами от AMD/NVidia. Оно включает в себя геометрию, пиксельные конвейеры, блоки TMU и векторы со скалярным движком. Сам GPU-кластер функционирует на частоте до 700 МГц.



Структурные элементы Байкал М

По всему периметру чипа расположены блоки мониторинга, полюбоваться строением которых мы можем чуть ближе.



Один из блоков мониторинга

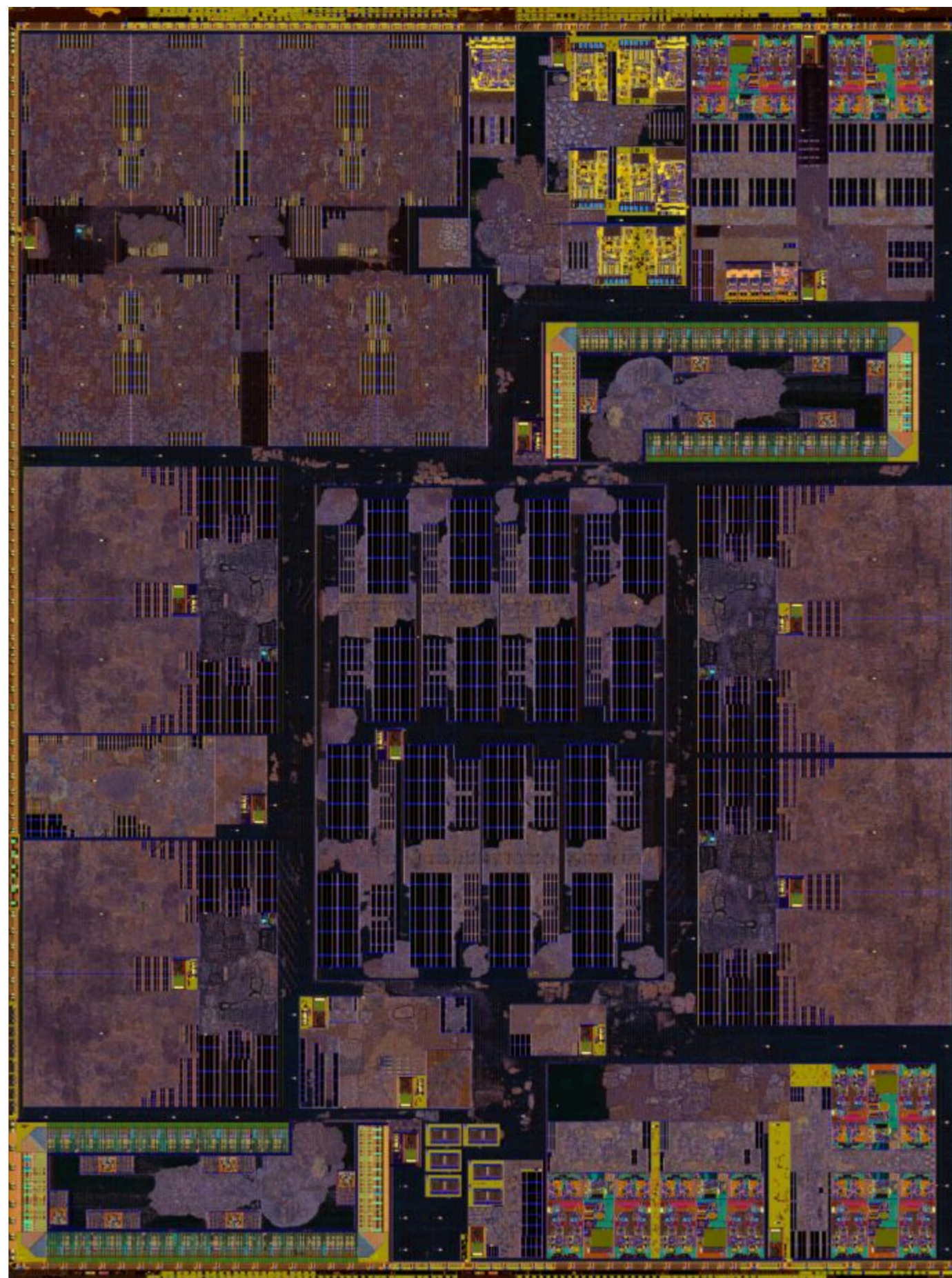
В центральной части чипа расположена когерентная сеть кэша CoreLink Cache Coherent Network (CCN), использующаяся с восемью мегабайтами системного кэша третьего уровня (L3). Байкал М использует CCN 504, которая может обеспечить размещение до четырёх процессорных кластеров, (в каждом по 4 ядра) и максимальную поддержку до шестнадцати мегабайт кэша третьего уровня. CCN организует согласованную работу всех интерфейсов на кристалле, своего рода Infinity Fabric от AMD.

Два контроллера памяти, работающих в 72 битном режиме (8 бит из которых составляет память с коррекцией ошибок, ECC), поддерживают работу со стандартами DDR3-1600 и DDR4-2400.

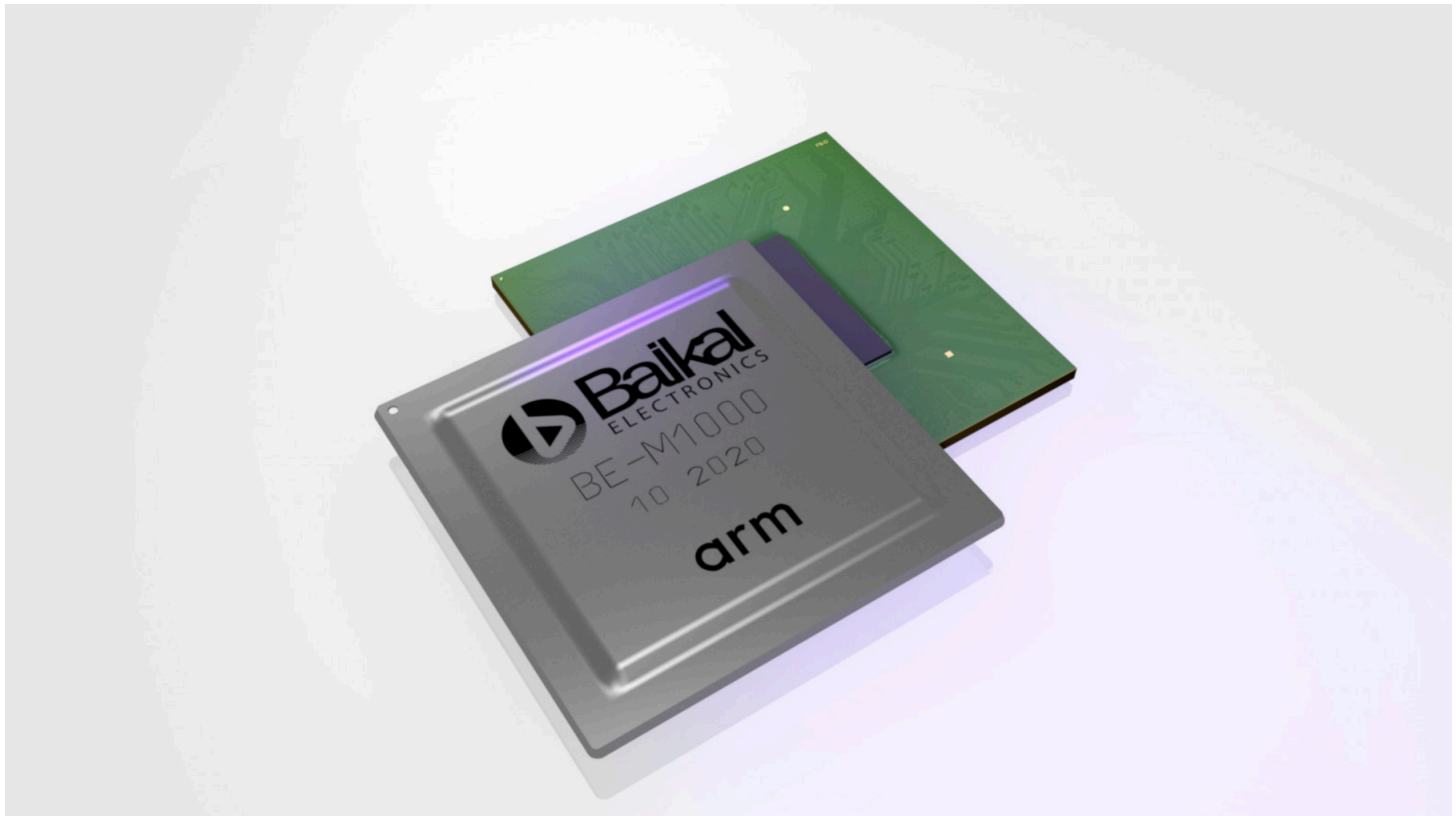
В правой нижней части чипа расположен комплекс из 16 линий PCI-e 3.0 вместе с контроллером, система управления различными интерфейсами.

В верхней правой части чипа находятся остальные периферийные блоки: два десяти-гигабитных Ethernet интерфейса, а также USB 2.0 и 3.0, интерфейсы SATA с сопутствующими им контроллерами.

Слева от системного кэша между двумя процессорными кластерами расположен блок аппаратного декодирования видео HDMI/LVDS. Этот интерфейс позволяет воспроизводить видео в разрешении 2560 на 1440 при 60 Гц.



Ммдаа... процессор сложная штука. Действительно на грани возможного. Это полезно вспомнить, когда в запале очередного спора возникает желание назвать сотрудников Байкал или МЦСТ придурками. Подумайте, какой интеллектуальный труд стоит за разработкой даже не самого быстрого процессора.

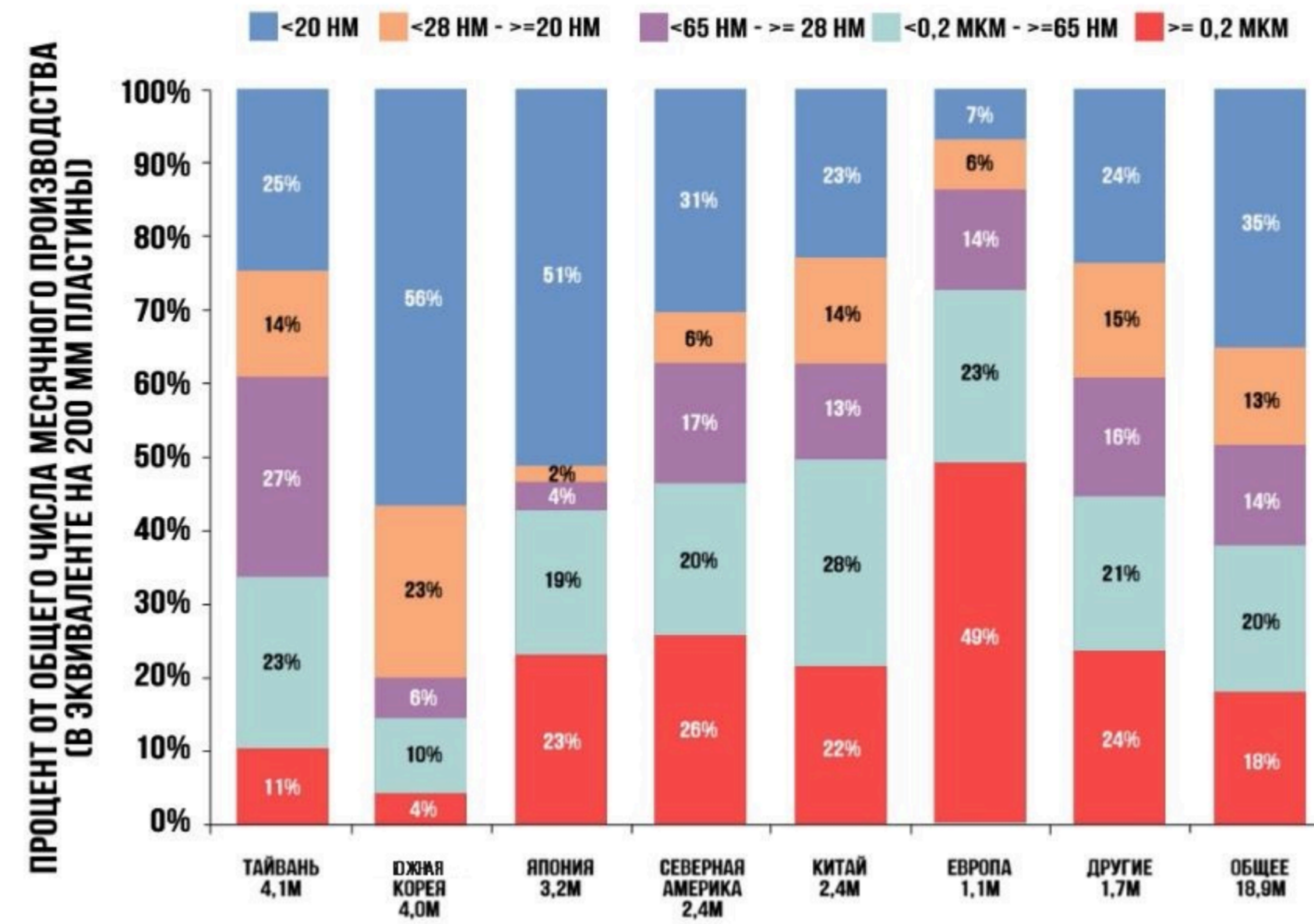


Полупроводниковая индустрия – самая сложноустроенная инфраструктура в мире. Мы привыкли думать, что самая сложная индустрия – это космос, но космическую ракету одна страна самостоятельно сделать может, а современный чип – нет. Сейчас на TSMC стоят самые высокотехнологичные степперы по полупроводниковой литографии в мире уже по технологии 5 нанометров и всё идёт к тому, что 3 и даже 2 нанометра тоже будут. Помимо всего прочего у одной такой фабрики есть целая сеть поставщиков ресурсов, необходимых для производства микросхем. Плюс там есть специализированное программное обеспечение, роботы, высококвалифицированные специалисты. Есть голландская ASML, есть американская Applied Materials, есть французская Air Liquide, японские производители фоторезистов... И всё это собирается воедино в сложном огромном производстве. Учитывая это, можно ответить на вопрос: "Возможна ли технологическая автárкия?" Нет, невозможна. Сделать полностью обособленное производство внутри страны нельзя.

В 60-х годах каждая компания должна была сама себе обеспечить производство. Потом появились разработчики софта, выделились производители IP-блоков. Постепенно количество фабрик стало сокращаться. Каждый следующий этап становился на порядки дороже, чем предыдущий. Помимо всего прочего, инвестиции TSMC в семь нанометров измеряются в десятках миллиардов долларов. И все понимают, что окупить инвестиции можно только при огромном объеме, что нужно всем делать этот объем в одном месте и тогда получить лучшую цену.

В мире есть долгоживущие технологии, например, 90 нанометров. Многие компании разворачивают производство на старых техпроцессах, поскольку в рамках того производства, которым они занимаются, использование экстремально тонких технологических норм нецелесообразно по многим аспектам.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МИРОВОГО ПРОИЗВОДСТВА МИКРОСХЕМ ПО ПРОЕКТНЫМ НОРМАМ НА ДЕКАБРЬ 2018 Г.



Если мы понимаем, что будем производить на этой фабрике сотни тысяч пластин в месяц (а сотни тысяч пластин по семь нанометров – это миллионы или даже десятки миллионов чипов), если мы понимаем, кто будет к нам приходить, чтобы там производиться, наверное, об этом есть смысл говорить. Семь нанометров вы не отправите в космос, семь нанометров вы не поставите в автомобиль, семь нанометров не будете использовать в бытовой технике. Семь нанометров необходимы там, где нужна максимально низкая норма энергопотребления и экстремально высокая производительность.

Фотографии кристалла процессора Байкал М, сделанные **Fritzchens Fritz** в полном качестве:

Благодарю **Locuza** за опознание функциональных блоков на чипе.

Спасибо за внимание!