

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2012118036/28, 27.04.2009

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.04.2009

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
05.05.2008 US 12/115,076Номер и дата приоритета первоначальной заявки,
из которой данная заявка выделена:

2010149596 27.04.2009

(45) Опубликовано: 20.12.2013 Бюл. № 35

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2299497 C2, 20.05.2007. US 4764804 A,
16.08.1988. US 6278181 B1, 21.08.2001. US
2007/205502 A1, 06.09.2007. US 2004/0184272
A1, 23.09.2004. US 4823234 A, 18.04.1989.

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры"

(72) Автор(ы):

**КАСКУН Кеннет (US),
ГУ Шицюнь (US),
НОВАК Мэттью М. (US)**

(73) Патентообладатель(и):

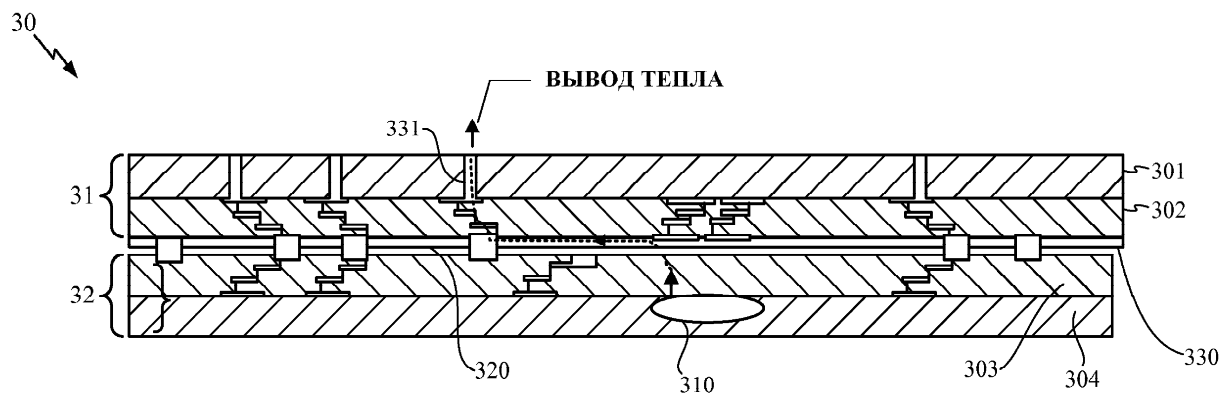
КВЭЛКОММ ИНКОРПОРЕЙТЕД (US)

(54) ПОПЕРЕЧНОЕ РАССЕЙВАНИЕ ТЕПЛА 3-D ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам для рассеивания тепла в многослойных 3-D интегральных схемах (ИС). Путем заполнения воздушного промежутка между слоями многослойного ИС устройства проводящим тепло материалом тепло, генерируемое в одной или более областях внутри одного из слоев, может быть рассеяно в поперечном направлении. Поперечное рассеивание тепла

может проходить вдоль всей длины слоя, а проводящий тепло материал может быть электрически изолирующим. Сквозные соединения сквозь кремний могут быть сконструированы в определенных областях, чтобы способствовать рассеиванию тепла от проблемных тепловых областей. Изобретение обеспечивает улучшение рассеивания тепла в многослойных 3-D интегральных схемах (ИС). 6 з.п. ф-лы, 4 ил.



ФИГ. 3



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 502 154** (13) **C1**

(51) Int. Cl.

H01L 25/065 (2006.01)

H01L 23/36 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2012118036/28, 27.04.2009**

(24) Effective date for property rights:
27.04.2009

Priority:

(30) Convention priority:
05.05.2008 US 12/115,076

Number and date of priority of the initial application,
from which the given application is allocated:
2010149596 27.04.2009

(45) Date of publication: **20.12.2013 Bull. 35**

Mail address:

**129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"**

(72) Inventor(s):

**KASKUN Kennet (US),
GU Shitsjun' (US),
NOVAK Meht'tju M. (US)**

(73) Proprietor(s):

KVEhLKOMM INKORPOREJTED (US)

(54) 3-D INTEGRATED CIRCUIT LATERAL HEAT DISSIPATION

(57) Abstract:

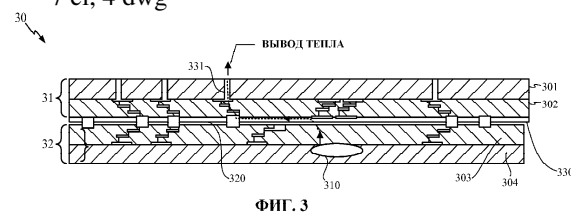
FIELD: physics.

SUBSTANCE: invention relates to methods of dissipating heat in multilayer 3D integrated circuits (IC). By filling the air gap between layers of the multilayer IC with a heat-conducting material, heat generated in one or more regions inside one of the layers can be dissipated in the transverse direction. Transverse dissipation of heat can take place along the entire length of the layer and the heat-conducting material can be electrically insulating.

Through-connections through silicon can be constructed in defined regions to facilitate heat dissipation from problematic thermal regions.

EFFECT: improved heat dissipation in multilayer 3D integrated circuits.

7 cl, 4 dwg



Область техники, к которой относится раскрытие изобретения

Данное раскрытие относится к интегральным схемам (ИС), более конкретно к многослойным (3-D) ИС, еще более конкретно к системам и способам для улучшения рассеивания тепла в 3-D ИС.

Уровень техники

В технологии ИС существует потребность в укладке чипов (кристаллов) вместе для формирования многослойных или трехмерных (3-D) ИС устройств. Одним из результатов такой 3-D ИС укладки является уменьшение времени прохождения сигнала во время обработки сигналов в связи с уменьшением расстояния, которое сигналы должны пройти, когда они остаются внутри одного блока.

Один способ соединения слоев заключается в соединении двух (или более) кристаллов вместе и последующем заключении кристаллов в единой структуре. Электрические проводники и/или контакты на поверхности соответствующих кристаллов служат для того, чтобы проводить электрические сигналы между компонентами различных кристаллов.

Одна из проблем в ситуации, когда кристаллы расположены очень близко друг к другу, заключается в том, что увеличивается интенсивность нагрева. Более того, из-за уменьшенного размера сложенных ИС (с толщиной подложки, от 700-100 микрон до менее чем 20 микрон), поперечная тепловая проводимость уменьшается. Таким образом, могут существовать горячие точки со слабой способностью отводить тепло от источника тепла.

Один способ увеличения поперечной тепловой проводимости заключается в увеличении толщины подложки, по меньшей мере, одного из слоев. Другой способ заключается в увеличении металлических слоев в чипе для того, чтобы сделать возможным рассеивание тепла. Это, в свою очередь отрицательно влияет на соотношение геометрических размеров, а также уменьшает скорости прохождения сигналов.

Существует дополнительная проблема при соединении более одного слоя. В таких ситуациях многослойное ИС устройство содержит множество слоев оксида между слоями. Оксид, являясь плохим проводником тепла, усугубляет проблему рассеивания тепла.

Существует несколько подходов, которые можно выбрать для решения проблем проводимости тепла. Один подход предполагает использование сквозных соединений сквозь кремний (TSV), чтобы отводить тепло от внутренней части поверхностного слоя, и затем отводить тепло, используя традиционные способы, такие как размещение материалов с высокой тепловой проводимостью на поверхности корпуса ИС. Проблема при таком решении заключается в том, что топология схемы может не позволить расположить TSV в нужном месте из-за устройств, сконструированных в различных слоях вблизи горячей точки, генерирующей тепло.

Другой способ заключается в циркуляции охлаждающего материала через упакованное ИС устройство для охлаждения различных горячих точек. Это дорого в производстве, так как перемещающаяся жидкость требует накачивающего механизма и жестких допусков для каналов движения жидкости. Также может оказаться невозможным подведение охлаждающего материала к необходимой области. Проблема каналов может быть решена до некоторой степени путем форсирования охлаждающего жидкого материала через саму подложку, но этот способ не лишен определенного набора проблем и затрат.

Раскрытие изобретения

Варианты осуществления изобретения предусматривают заполнение воздушных промежутков между уложенными (упакованными) кристаллами проводящим тепло материалом, что позволяет отводить в поперечном направлении тепло, генерируемое в одной или нескольких областях внутри каждого кристалла. Отвод тепла в поперечном направлении может осуществляться вдоль всей длины кристалла или вдоль части его длины. В одном варианте осуществления тепловой материал является электрически изолирующим. В одном варианте осуществления TSV, возможно, с использованием углеродных нанотрубок, могут быть сконструированы в определенных областях для поддержания рассеивания тепла в проблемных тепловых областях.

В одном варианте осуществления многослойный полупроводник имеет проводящий тепло материал, расположенный между первым и вторым слоями, причем материал имеет более высокую тепловую проводимость по сравнению с тепловой проводимостью упомянутых первого и второго слоев.

В другом варианте осуществления раскрыт способ изготовления многослойного полупроводника, в котором проводящий тепло материал используется на, по меньшей мере, одной сопрягаемой поверхности первого кристалла, а сопрягаемая поверхность этого кристалла соединяется с сопрягаемой поверхностью второго кристалла.

Еще в одном варианте осуществления раскрыт способ рассеивания тепла в упакованном ИС устройстве, который позволяет отводить тепло из проблемной тепловой области одного слоя многослойного ИС устройства во внутренний слой между смежными слоями устройства таким образом, чтобы содействовать поперечному отводу тепла в области внутреннего слоя до, по меньшей мере, одной области теплового рассеивания, термически связанной с областью внутреннего слоя. В одном варианте осуществления область рассеивания тепла является сквозным соединением, выполненным через, по меньшей мере, один слой кристалла устройства. В другом варианте осуществления область рассеивания тепла является промежутком между соседними кристаллами одного слоя.

Приведенное выше описание довольно широко обрисовывает признаки и технические преимущества данного изобретения для того, чтобы подробное описание, приведенное далее, могло быть лучше понято. Далее описаны дополнительные признаки и преимущества, которые формируют заявленный объект формулы изобретения. Специалисты в данной области техники оценят то, что концепция и раскрытые специфические варианты изобретения могут быть легко использованы в качестве основы для модификации или проектирования других структур для выполнения тех же задач данного изобретения. Также специалистам в данной области техники должно быть понятно, что такие аналогичные конструкции не выходят за рамки сущности и объема изобретения в соответствии с тем, что указано далее в приложенной формуле изобретения. Новые признаки, которые считаются характеристикой изобретения, как относительно соответствующей структуры, так и способов работы, вместе с другими целями и преимуществами будут лучше поняты из приведенного далее описания при рассмотрении совместно с приложенными чертежами. Однако должно быть понятно, что каждый из чертежей приведен только с целью иллюстрации и описания и не предназначается для определения объема настоящего изобретения.

Краткое описание чертежей

Для более полного понимания данного раскрытия изобретения, далее приведены ссылки на последующее описание совместно с приложенными чертежами.

Фиг.1 является видом сбоку в поперечном сечении, изображающим один аспект проблемных тепловых условий, которые могут существовать в 3-D интегральных схемах.

Фиг.2 является видом сбоку в поперечном разрезе, изображающим одно примерное решение проблемы отвода тепла.

Фиг.3 является видом сбоку в поперечном разрезе, изображающим один вариант осуществления концепций раскрытия изобретения.

Фиг.4 изображает один вариант осуществления способа конструирования многослойного ИС устройства в соответствии с описанием настоящего раскрытия изобретения.

Осуществление изобретения

Фиг.1 изображает один аспект условий проблемы нагрева, которая может существовать в 3-D интегральных схемах. Как изображено на Фиг.1, кристалл 11 сложен с кристаллом 12. Активным слоем кристалла 11 является слой 102, а активным слоем кристалла 12 является слой 103. Это примерное расположение активных слоев кристаллов может иметь любую ориентацию, вверх или вниз.

Сквозные соединения 105 проходят через слой подложки 101 кристалла 11. Сквозные соединения могут быть выполнены в слоях 102, 103 и/или 104 по желанию. Электрические дорожки 107 и 108 формируют соединение между кристаллами. Уплотнение 109 предотвращает попадание нежелательных загрязнений в область 120 между соответствующими кристаллами 11, 12.

Элемент 108 обычно порядка 30 микрон или меньше и обычно принимает вид соединения между металлами из меди или олова и меди. Область 120 обычно является воздушным промежутком. Промежуток 120 может быть в интервале менее 10 микрон.

Горячая точка 110 находится на кристалле 12, и задача заключается в отводе тепла от этой относительно небольшой области 110 к остальной части блока кристаллов.

Отметим, что элементы 111 находятся непосредственно над горячей точкой 110, и на них будет воздействовать тепло от горячей точки 110, проходящее вверх через слои 103, 102, 101.

Фиг.2 изображает одно описываемое решение проблемы отвода тепла. В этом решении множество TSV 200, имеющее отдельные TSV 201, 202 и 203 помещено, чтобы обеспечить проводимость тепла для тепла от горячей точки 110. Тепло проходит через слой 103, который является активной областью нижнего кристалла 12. Тепло затем проходит через активный слой 102 кристалла 11, и затем оно отводится наружу через множество TSV 200. Сквозные соединения 201, 202, 203 могут быть покрыты медью или вольфрамом для увеличения проводимости тепла, но мог бы использоваться любой из проводящих тепло материалов. В одном варианте осуществления могут быть использованы углеродные нанотрубки (УНТ) для заполнения сквозных соединений 201, 202, 203. В другом варианте осуществления УНТ частично заполняют сквозные соединения 201, 202, 203, а металл заполняет оставшееся пространство сквозных соединений 201, 202, 203. Преимуществом УНТ является увеличенная электрическая и тепловая проводимость, а также увеличенная плотность тока.

Фиг.3 изображает один вариант осуществления 30, в котором использованы концепции раскрытия изобретения. Проводящий тепло материал 320 расположен внутри промежутка между кристаллами 31 и 32. В другом варианте осуществления проводящий тепло материал 320 расположен между металлическими слоями (не изображены) одного из активных слоев 302, 303 кристаллов 31, 32. Проводящий тепло материал 320 в идеале будет иметь тепловую проводимость, равную более чем 10

Вт/м/К, чтобы способствовать поперечному переносу тепла. Материал 320 является проводящим тепло и в одном варианте осуществления электрически изолирующим, так что он не закорачивает электрические соединения, которые соединяют кристаллы 31, 32, что помешало бы работе элементов, содержащихся в кристаллах 31, 32. Материал 320 может быть расположен множеством способов, например, эжектированием или осаждением путем химического осаждения из газовой фазы (ХОГФ) и/или физического осаждения из газовой фазы (ФОГФ). Материал 320 может являться алмазной матрицей или алмазной пленочной структурой.

Хотя он изображен только на одном слое 302 одного из кристаллов 31, материал 320 может быть помещен на поверхность каждого из двух сопрягаемых слоев 302, 303, так, что материал 320 на каждом из слоев 302, 303 фактически касается один другого при укладке кристаллов 31, 32. Как вариант, материал 320 может быть помещен только на один из сопрягаемых слоев 302, 303.

В процессе работы тепло от горячей точки 310 проходит вверх через слой 303 кристалла 32 и в материал 320. Тепло затем распространяется поперечно вдоль материала 320 как к краю устройства, такому, как нависающий край 330, так и, что более типично, тепло пройдет вверх через одно или более рассеивающих сквозных соединений, таких как сквозное соединение 331, выполненное в слое 301 кристалла 31. Из-за поперечного распространения тепла температура распределяется более равномерно вдоль устройства 30. Это преимущество позволяет теплу распространяться относительно быстро вдоль всего устройства 30, тем самым заставляя устройство 30 нагреваться равномерно. Отвод тепла от большей области, такой, как все устройство 30 или корпуса устройства легче осуществить, чем отвод тепла от маленькой внутренней области.

Отметим, что рассеивающее тепло сквозное соединение 331 может проходить вверх через кристалл 31 или вниз через кристалл 32 (или через оба). Одним преимуществом проводящего тепло материала 320 является то, что рассеивающее тепло сквозное соединение 331 может быть смещено от проблемной тепловой области 310, тем самым освобождая области непосредственно над проблемной областью для использования электрической схемы или других элементов, сконструированных в различных слоях 301, 302, 303. Также отметим, что тепло не должно проходить непосредственно вверх через слои 301, 302, 303, а, предпочтительно сквозное соединение 331 может, например, быть расположено под углом и/или быть изогнутым. Другое преимущество поперечного рассеивания тепла заключается в том, что нужно меньшее количество TSV.

Для многослойных устройств, имеющих более двух слоев, может быть использовано множество межслойных структур рассеивающих тепло материалов. Таким образом, тепло может распространяться в поперечном направлении от источника тепла на первое расстояние внутри первой межслойной области и затем проходить вверх в следующий слой благодаря сквозному соединению, и затем снова распространяться в поперечном направлении (в любую сторону) во второй межслойной области, при условии, что проводящий тепло материал расположен как в первой, так и во второй межслойных областях.

Одна система, позволяющая осуществлять даже лучший отвод тепла от материала 320, заключается в том, чтобы сделать один из слоев, например кристалл 31, периферически большим, чем другой кристалл 32, тем самым создавая площадь поверхности, такую как площадь поверхности 330, расположенную на нависающем выступе на большем из кристаллов. Отметим, что эта же технология

будет работать для нескольких слоев, которые, при желании, можно расположить в виде перемежающихся выступов в зависимости от диаметра. Состав материала 320 не обязательно должен быть однородным на протяжении всей поверхности, а различия в материале 320 можно использовать для улучшения проводимости тепла от горячей(их) точки(ек) 310.

В одном варианте осуществления нижний кристалл больше верхнего кристалла. Таким образом, промежуток будет существовать между двумя верхними кристаллами (из одного слоя), которые лежат на нижнем кристалле. В соответствии с данным раскрытием изобретения материал, заполняющий промежуток, может быть обеспечен внутри этого промежутка между верхними кристаллами. Материал, заполняющий промежуток, может являться материалом, проводящим тепло, и может являться любым материалом с хорошей тепловой проводимостью, таким как алмазная пленка. В одном варианте осуществления проводящий температуру материал, заполняющий промежуток, термически соединен с материалом 320 для улучшения передачи тепла из многослойного ИС устройства.

Фиг.4 изображает один вариант осуществления 40 способа конструирования упакованных ИС устройств в соответствии с заявленным изобретением. Процесс 401 определяет, был ли выбран кристалл для конструирования многослойного ИС устройства. Если нет, то процесс 402 контролирует время ожидания. После того, как кристалл выбран, процесс 403 определяет, нужно ли добавлять проводящий тепло материал к, по меньшей мере, одной поверхности кристалла. Проводящий тепло материал может быть осажден под управлением процесса 404 одним из способов, описанных выше, таких как обработка ХОГФ или ФОГФ, или материал может быть эжектирован или осажден в виде пленки.

Процессы 405 и 406 ожидают выбора следующего кристалла для соединения с ранее выбранным кристаллом. Процессы 407 и 408 добавляют проводящий тепло материал к следующему кристаллу, если необходимо, и процесс 409 затем соединяет кристаллы вместе. Процесс 410 определяет, нужно ли еще добавлять кристаллы. Если все кристаллы выбраны и покрыты проводящим тепло материалом (если необходимо), процесс 411 завершает соединение ИС, которая потом готова к проверке и/или использованию.

Хотя настоящее изобретение и его преимущества были подробно описаны, следует понимать, что различные изменения, замены и альтернативы могут быть осуществлены без отклонения от сущности и объема изобретения, определенных в приложенной формуле изобретения. Например, хотя материал 320 был описан как неэлектропроводный, можно сделать материал электропроводным. В этом варианте осуществления электропроводный материал должен быть структурированным, т.е. чтобы имелась возможность его структурирования таким образом, чтобы он мог быть отделен от некоторых сквозных соединений, чтобы предотвратить электрические соединения, при этом все еще термически рассеивая тепло.

Объем настоящей заявки не предполагается быть ограниченным определенными вариантами осуществления процесса, механизма, производства, состава материала, средств, способов и этапов, описанных в спецификации. Специалисту в данной области техники из настоящего раскрытия будет понятно, что процессы, механизмы, производство, составы материала, средства, способы или этапы, существующие на данный момент или те, которые будут позже разработаны, которые осуществляют практически ту же функцию или обеспечивают практически тот же результат, что и соответствующие раскрытые варианты осуществления, могут быть использованы в

соответствии с данным изобретением. Соответственно, приложенная формула изобретения предполагает включение в ее объем таких процессов, механизмов, производства, составов материала, средств, способов или этапов.

5

Формула изобретения

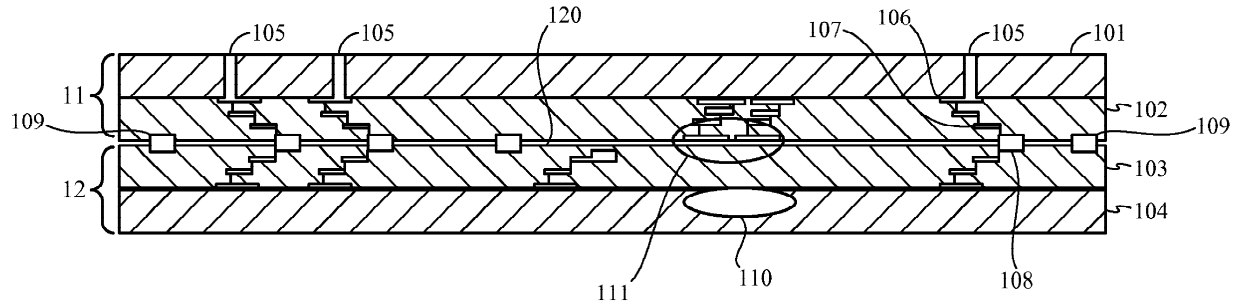
1. Способ рассеивания тепла в трехмерном устройстве интегральной схемы (ИС), содержащем первый кристалл, уложенный с образованием слоистой структуры на второй кристалл, причем каждый из кристаллов имеет сконструированные в нем
10 элементы, и кристаллы соединены друг с другом множеством межслоевых соединений, причем межслоевые соединения создают промежуток между первым и вторым кристаллами, при этом упомянутый способ содержит:
обеспечение сквозного отверстия через подложку, заполненного первым проводящим тепло материалом, расположенного в первом кристалле;
15 нанесение проводящего тепло слоя на поверхность второго кристалла; и
обеспечение физического межсоединения между вторым кристаллом и сквозным отверстием через подложку посредством проводящего тепло слоя.
2. Способ по п.1, в котором первый проводящий тепло материал является
20 электрически изолирующим.
3. Способ по п.1, в котором первый проводящий тепло материал является структурированной пленкой.
4. Способ по п.1, в котором упомянутое нанесение проводящего тепло слоя осуществляют, по меньшей мере, одним из следующих способов: ХОГФ, ФОГФ,
25 эжектирования, нанесения.
5. Способ по п.1, в котором проводящий тепло слой выбирается из списка, состоящего из: алмазной матрицы и алмазной пленочной структуры.
6. Способ по п.1, в котором первый проводящий тепло материал дополнительно
30 является электрически проводящим.
7. Способ по п.6, в котором первый проводящий тепло материал, по меньшей мере, частично состоит из углеродных нанотрубок.

35

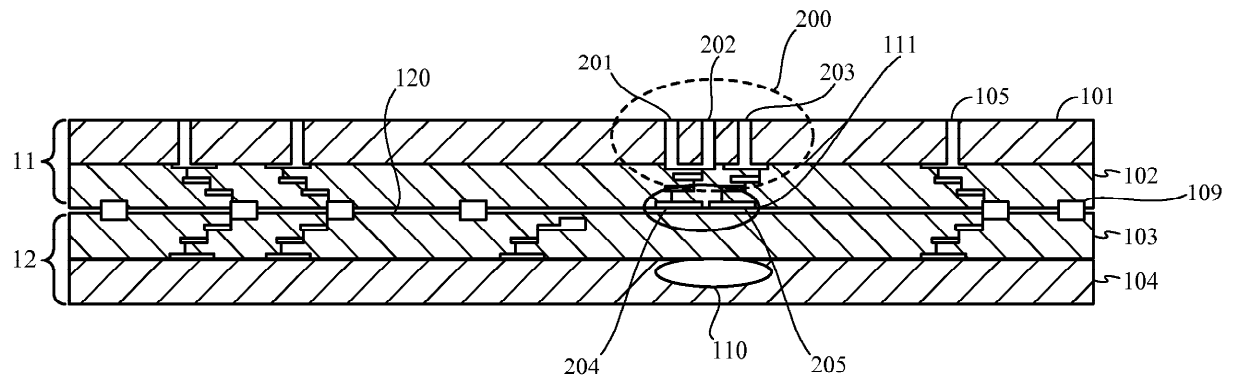
40

45

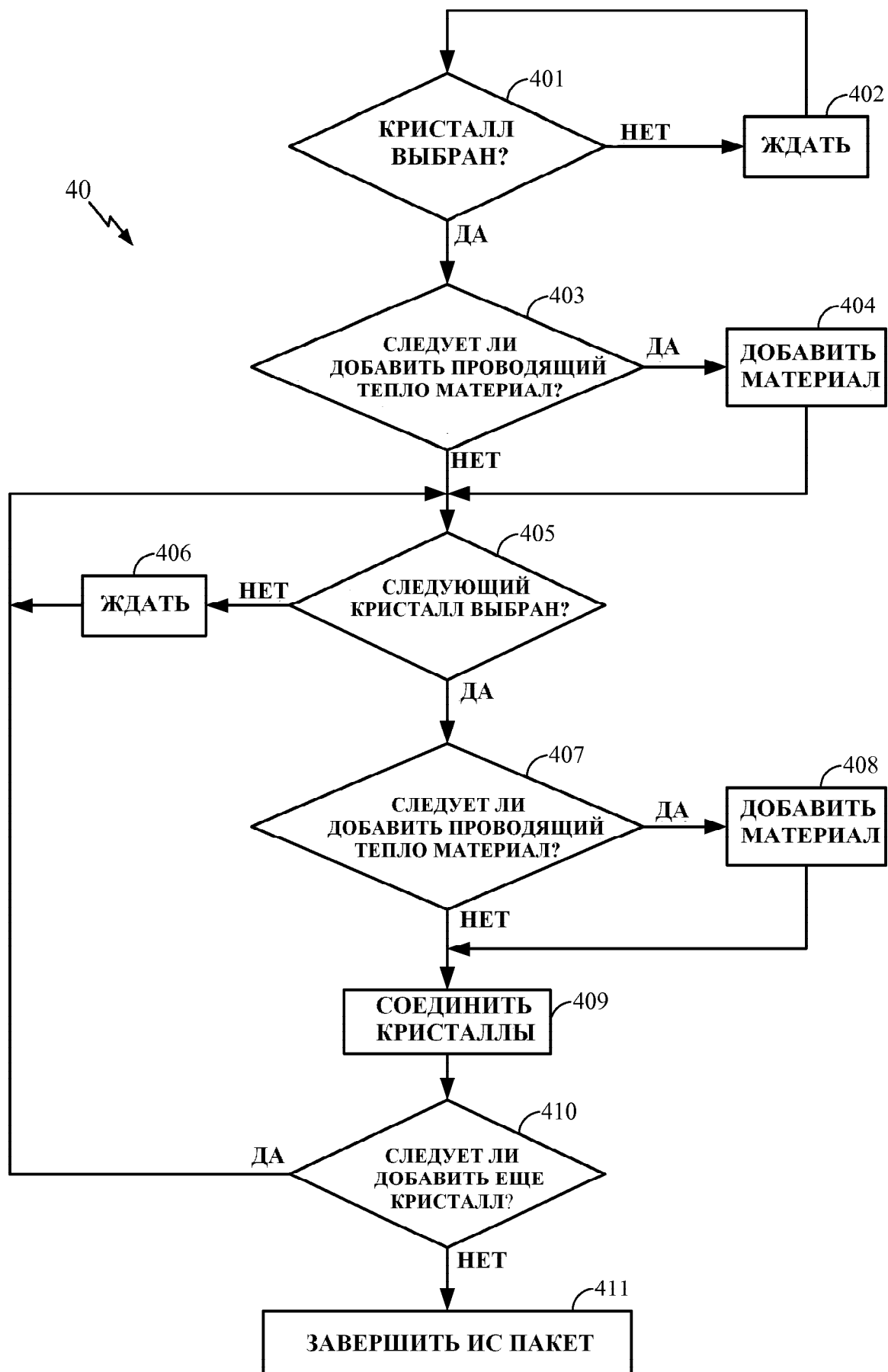
50



ФИГ. 1



ФИГ. 2



ФИГ. 4