

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **037599**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.04.20

(51) Int. Cl. **H05B 3/10 (2006.01)**
H05B 3/20 (2006.01)

(21) Номер заявки
201790671

(22) Дата подачи заявки
2016.03.26

(54) ТОЛСТОПЛЕНОЧНЫЙ ЭЛЕМЕНТ С ПОДЛОЖКОЙ С НАНЕСЕННЫМ ПОКРЫТИЕМ, ИМЕЮЩИМ ВЫСОКУЮ ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ

(31) **201610075017.2**

(56) CN-A-104395143

(32) **2016.02.03**

CN-A-104395143

(33) **CN**

CN-A-1320010

(43) **2019.05.31**

CN-A-103546998

(86) **PCT/CN2016/077439**

US-A1-2002158328

(87) **WO 2017/133067 2017.08.10**

US-A-5705793

JP-A-2004022485

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ГЮАНГДОНГ ФЛЕКСВАРМ
АДВАНСЕД МАТЕРИАЛС ЕНД
ТЕХНОЛОГИ КО., ЛТД. (CN)**

(72) Изобретатель:
Хан Веикон (CN)

(74) Представитель:
Рыбина Н.А. (RU)

(57) Изобретение раскрывает толсто пленочный элемент с подложкой с нанесенным покрытием, имеющим высокую теплопроводность, содержащий носитель, толсто пленочное покрытие, нанесенное на носитель, и защитный слой, нанесенный на покрытие; толсто пленочное покрытие представляет собой нагревательный материал, и нагрев осуществляется путем электрического нагрева, причем носитель, толсто пленочное покрытие и защитный слой выбирают из материалов, удовлетворяющих следующим неравенствам:

$$\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3} = a \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = b \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = c \times \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$$

где $10 \leq a \leq 10^4$, $0 < b \leq 10^6$, $0 < c \leq 10^3$; подложка с нанесенным покрытием толсто пленочного элемента по настоящему изобретению обладает высокой теплопроводностью, пригодной для использования в продуктах с нагревом подложки, имеющей нанесенное покрытие, тем самым улучшая эффективность теплопередачи и снижая потери тепла без нагрева обеих сторон (at each side); толсто пленочный элемент может быть использован в продуктах, у которых только подложка с нанесенным покрытием должна иметь высокую теплопроводность.

B1**037599****037599****B1**

Область техники

Настоящее изобретение относится к области толстых пленок и более конкретно к толстопленочному элементу с подложкой с нанесенным покрытием, имеющим высокую теплопроводность.

Известный уровень техники

Толстопленочные нагревательные элементы относятся к нагревательным элементам, в которых на подложку наносится толстая пленка экзотермического материала, и которые вырабатывает тепло при подаче питания. Обычные методы нагрева включают использование греющих трубок с электроподогревом и нагрев с положительным температурным коэффициентом (ПТК) (сопротивления). Нагревательный элемент типа греющей трубки с электроподогревом использует металлическую трубку в качестве наружного корпуса и имеет распределенную по металлической трубке нагревательную ленту спиральной формы из никеля-хрома или железа-хрома, и свободное пространство, заполненное магнезитовым оксидным клинкером (clinker oxide) с прекрасной теплопроводностью и изолирующими свойствами, и оба конца герметизированы с помощью силикагеля; метод нагрева с ПТК использует керамику в качестве экзотермического материала. При использовании как греющих трубок с электроподогревом, так и нагрева с ПТК, проводится не прямой нагрев с низким тепловым КПД, а конструкция громоздкая и имеет большие размеры. Кроме того, принимая во внимание вопросы охраны окружающей среды, эти два вида нагревателей легко загрязняются и сложны в очистке после многократного нагрева, а ПТК-нагреватели содержат опасные вещества, такие как свинец и т.д. и легко окисляются со снижением мощности и сокращением срока службы.

Заявка Китая CN 201310403454.9 раскрывает суспензию с высоким удельным сопротивлением, используемую для толстопленочной схемы, наносимую на (based on) керамическую плитку, и способ ее получения, который обеспечивает получение суспензии с высоким удельным сопротивлением, совместимой с керамической плиткой, и создает возможности получения расположенных под полом нагревательных элементов нового типа. Сырье для суспензии с высоким удельным сопротивлением включает твердофазные компоненты (стеклянный-керамический порошок, порошок серебра) и органическое связующее, весовая доля каждого материала будет составлять 70-85% для стеклянного-керамического порошка и 15-30% для органического связующего, сумма весовых процентов всех материалов должна составлять 100%; суспензия с высоким удельным сопротивлением преимущественно используется для нанесения методом печати на обратную сторону керамической плитки с образованием толстопленочной схемы.

Заявка Китая CN 201020622756.7 раскрывает устройство с толстопленочной схемой, которое включает керамическую подложку, толстопленочную пластину с интегральной схемой и электропроводку; толстопленочная пластина с интегральной схемой установлена на керамической подложке, которая снаружи герметизирована слоем эпоксидной смолы; к обоим сторонам керамической подложки присоединены два электрических провода, и места соединения электрического провода с керамической подложкой залиты слоем эпоксидной смолы.

Из приведенного выше описания технологии понятно, что технология толстых пленок постепенно развивается, однако в настоящее время исследования преимущественно сфокусированы на суспензии с высоким удельным сопротивлением, используемой в толстопленочных схемах, и редко - на сборных изделиях с толстопленочными компонентами. Техническое решение вышеуказанного устройства с толстопленочной схемой реализовано таким образом, что толстопленочная схема расположена между керамической подложкой и слоем эпоксидной смолы, а его теплопроводность недостаточно высока. Применение толстых пленок в продукте значительно расширяет возможности разработки нагревательных изделий. Существующие нагревательные устройства могут удовлетворять требованиям по нагреву, однако практически не существует нагревательных устройств с односторонним нагревом, или такие устройства не обеспечивают хорошей односторонней теплопередачи, и поэтому они не могут уменьшить потери тепла благодаря высокой способности к односторонней теплопроводности.

Сущность изобретения

Для решения вышеуказанных проблем, настоящее изобретение предлагает толстопленочный элемент с подложкой с нанесенным покрытием, имеющим высокую теплопроводность, обладающий преимуществами малого объема, высокой эффективности, экологической безопасности, высоких характеристик безопасности и большого срока службы. Понятие толстой пленки в настоящем изобретении представляет собой термин, сравнимый с тонкой пленкой. Толстая пленка представляет собой слой пленки толщиной от нескольких микрон до десятков микрон, сформованный методами печати и спекания на носителе, и материал, используемый для изготовления слоя пленки, представляет собой материал толстой пленки, а покрытие, изготовленное из толстой пленки, называется толстопленочным покрытием. Толстопленочный нагревательный элемент обладает преимуществами высокой плотности потока энергии, высокой скорости нагрева, высокой рабочей температуры, высокой скорости теплообразования, высокой механической прочности, малого объема, простоты установки, равномерного температурного поля нагрева, большого срока службы, экономии энергии и экологической безопасности, и прекрасных характеристик безопасности.

Толстопленочный элемент с подложкой с нанесенным покрытием, имеющим высокую теплопро-

водность по настоящему изобретению, включает носитель, толсто пленочное покрытие, нанесенное на носитель, и защитный слой, нанесенный на покрытие; толсто пленочное покрытие представляет собой нагревательный материал, и нагрев осуществляется путем электрического нагрева, причем носитель, толсто пленочное покрытие и защитный слой выбирают из материалов, удовлетворяющих следующим неравенствам:

$$\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3} = a \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = b \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = c \times \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3};$$

$$10 \leq a \leq 10^4, 0 < b \leq 10^6, 0 < c \leq 10^3;$$

$$T_2 < T_{\text{Минимальной точки плавления защитного слоя}};$$

$$T_2 < T_{\text{Минимальной точки плавления носителя}};$$

$$T_0 \leq 25^\circ\text{C};$$

где величина $\lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}$ обозначает интенсивность теплопередачи защитного слоя;

величина $\lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2}$ обозначает интенсивность тепловыделения толсто пленочного покрытия;

величина $\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$ обозначает интенсивность теплопередачи носителя;

λ_1 обозначает коэффициент теплопроводности защитного слоя при температуре T_1 ;

λ_2 обозначает коэффициент теплопроводности толсто пленочного покрытия при температуре T_2 ;

λ_3 обозначает коэффициент теплопроводности носителя при температуре T_3 ;

A обозначает площадь контакта толсто пленочного покрытия и защитного слоя или носителя;

d_1 обозначает толщину защитного слоя;

d_2 обозначает толщину толсто пленочного покрытия;

d_3 обозначает толщину носителя;

T_0 обозначает начальную температуру толсто пленочного нагревательного элемента;

T_1 обозначает температуру поверхности защитного слоя;

T_2 обозначает температуру нагрева толсто пленочного покрытия;

T_3 обозначает температуру поверхности носителя;

$d_2 \leq 50$ мкм;

и $d_1 \geq 10$ мкм; $10 \text{ мкм} \leq d_3 \leq 20$ см;

$T_{\text{Минимальной точки плавления носителя}} > 25^\circ\text{C}$;

$\lambda_3 \geq \lambda_1$;

защитный слой обозначает диэлектрический слой, нанесенный на толсто пленочное покрытие с помощью печати и/или спекания или связывания, и площадь защитного слоя больше площади толсто пленочного покрытия.

Носитель представляет собой диэлектрический слой с нанесенным толсто пленочным покрытием, причем толсто пленочное покрытие, нанесенное на носитель путем печати, покрытия, напыления или спекания, является подложкой толсто пленочного элемента, на которую наносят покрытие.

Коэффициент теплопроводности относится к теплопередаче материала толщиной один метр, при разнице температур на боковых поверхностях 1 кельвин (К, $^\circ\text{C}$), через площадь, равную одному квадратному метру (1 м^2), за одну секунду (1 с) в условиях стабильной теплопередачи, единицей измерения коэффициента теплопроводности является ватт/(метр-градус) ($\text{W}/(\text{м}\cdot\text{K})$), и кельвины могут быть заменены на $^\circ\text{C}$).

Защитный слой, толсто пленочное покрытие и носитель плотно прилегают друг к другу на участках электрического нагрева толсто пленочных нагревательных элементов, и обе стороны толсто пленочного покрытия присоединены к внешним электродам; при подаче питания на толсто пленочное покрытие оно нагревается и становится горячим после превращения электрической энергии в тепловую энергию; интенсивность тепловыделения толсто пленочного покрытия можно рассчитать как

$$\lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2}$$

по коэффициенту теплопроводности, площади контакта, начальной температуре, температуре нагрева и толщине толсто пленочного покрытия, где T_2 обозначает температуру нагрева толстой пленки. Настоящее изобретение характеризуется тем, что толсто пленочные нагревательные элементы имеют подложку с нанесенным покрытием с высокой теплопроводностью, причем интенсивность тепловыделения защитного слоя, толсто пленочного покрытия и носителя должны удовлетворять следующим требованиям:

(1) интенсивность теплопередачи защитного слоя и толсто пленочного покрытия должны соответствовать следующей формуле:

$$\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3} = a \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}$$

где $10 \leq a \leq 10^4$; для толсто пленочных элементов, удовлетворяющих вышеуказанному неравенству, эффективность теплопередачи их носителя выше, чем защитного слоя, что означает, что температура

носителя возрастает быстро, а защитного слоя - медленно, или что существует большая разница температур между защитным слоем и носителем при стабильном тепловом балансе, поэтому толстополеночные элементы обычно демонстрируют технический эффект нагрева носителя;

(2) интенсивность тепловыделения толстополеночного покрытия и интенсивность теплопередачи защитного слоя должны соответствовать следующей формуле:

$$\lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = b \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}$$

где $0 < b \leq 10^6$; если интенсивность тепловыделения толстополеночного покрытия значительно выше, чем интенсивность теплопередачи защитного слоя, то расчетное непрерывно вырабатываемое тепло толстополеночного покрытия не может быть отведено, так что температура толстополеночного покрытия будет непрерывно возрастать, и когда она поднимется выше минимальной точки плавления защитного слоя, защитный слой начинает плавиться или даже гореть, что разрушает структуру защитного слоя или носителя, тем самым разрушая толстополеночные нагревательные элементы;

(3) интенсивность тепловыделения толстополеночного покрытия и интенсивность теплопередачи носителя должны соответствовать следующей формуле:

$$\lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = c \times \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$$

$0 < c \leq 10^3$, если интенсивность тепловыделения толстополеночного покрытия значительно выше, чем интенсивность теплопередачи носителя, то расчетное непрерывно вырабатываемое тепло толстополеночного покрытия не может быть отведено, так что температура толстополеночного покрытия будет непрерывно возрастать, и когда она поднимется выше минимальной точки плавления носителя, носитель начинает плавиться или даже гореть, что разрушает структуру носителя, тем самым разрушая толстополеночные нагревательные элементы;

(4) температура нагрева толстополеночного покрытия не может быть выше минимальной точки плавления защитного слоя или носителя, она должна удовлетворять требованиям: $T_2 < T_{\text{Минимальной точки плавления защитного слоя}}$ и $T_2 < T_{\text{Минимальной точки плавления носителя}}$ и необходимо избегать чрезмерно высокой температуры нагрева, которая может разрушить толстополеночные нагревательные элементы.

Когда вышеупомянутые требования выполняются, интенсивность теплопередачи защитного слоя и носителя определяется свойствами материала и толстополеночного нагревательного элемента.

Для расчета интенсивности теплопередачи носителя используется формула

$$\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$$

где λ_3 обозначает коэффициент теплопроводности носителя, измеряемый в Вт/(м·К), который определяется свойствами полученного материала носителя; d_3 обозначает толщину носителя, которая определяется технологией изготовления и требованиями к толстополеночным нагревательным элементам; T_3 обозначает температуру поверхности носителя, которая определяется свойствами толстополеночных нагревательных элементов;

Для расчета интенсивности теплопередачи защитного слоя используется формула

$$\lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}$$

где λ_1 обозначает коэффициент теплопроводности защитного слоя, измеряемый в Вт/(м·К), который определяется свойствами приготовленного материала защитного слоя; d_1 обозначает толщину защитного слоя, которая определяется технологией изготовления и требованиями к толстополеночным нагревательным элементам; T_1 обозначает температуру поверхности защитного слоя, которая определяется свойствами толстополеночных нагревательных элементов.

Предпочтительно коэффициент теплопроводности носителя $\lambda_3 \geq 3$ Вт/(м·К), коэффициент теплопроводности носителя $\lambda_1 \leq 3$ Вт/(м·К); где $10 \leq a \leq 10^4$, $10^4 \leq b \leq 10^6$, $10 \leq c \leq 10^3$.

Предпочтительно носитель и толстополеночное покрытие соединены методами печати или спекания, толстополеночное покрытие и защитный слой соединены методами печати, покрытия, напыления или спекания, или с помощью клея с низкой адгезионной прочностью (mucilage glue).

Предпочтительно носитель и защитный слой в области без толстополеночного покрытия соединены методами печати, покрытия, напыления или спекания, или с помощью клея с низкой адгезионной прочностью (mucilage glue).

Предпочтительно носитель включает полиимид, органический изолирующий материал, неорганический изолирующий материал, керамику, стеклокерамику, кварц, камень, ткань и волокно.

Предпочтительно толстополеночное покрытие представляет собой один или несколько материалов, выбранных из серебра, платины, палладия (Pd), оксида палладия, золота или редкоземельного материала.

Предпочтительно защитный слой получают из одного или нескольких материалов, выбранных из полиэфира, полиимида или полиэтиленимида (PEI), керамики, силикагеля, асбеста, материала микарекс (micagex), ткани или волокна.

Предпочтительно площадь толстополеночного покрытия меньше или равна площади защитного слоя

или носителя.

Настоящее изобретение также предлагает использование толсто пленочных элементов, которые используются в продуктах с нагревом подложки с нанесенным покрытием.

Настоящее изобретение обеспечивает следующие положительные результаты:

(1) Имеющая нанесенное покрытие подложка толсто пленочного элемента, раскрытого в настоящем изобретении, обладает высокой теплопроводностью, что делает ее пригодной для продуктов с нагревом подложки с нанесенным покрытием, тем самым улучшая эффективность теплопередачи и снижая потери тепла без нагрева с каждой стороны;

(2) Трехслойная структура толсто пленочного элемента, раскрытого в настоящем изобретении, может быть соединена напрямую методами печати или спекания, и толсто пленочное покрытие будет нагревать носитель непосредственно, без какой-либо промежуточной стадии, так что тепло может проводиться прямо к носителю, тем самым улучшая эффективность теплопроводности; и защитный слой по настоящему изобретению накрывает толсто пленочное покрытие, что позволяет избежать утечки тока из толсто пленочного покрытия после подачи на него питания и улучшает характеристики безопасности;

Толсто пленочный элемент по настоящему изобретению генерирует тепло с помощью толсто пленочного покрытия, толщина которого находится в микронном диапазоне значений, с равномерной интенсивностью тепловыделения и большим сроком службы.

Детальное описание предпочтительных вариантов реализации

Настоящее изобретение будет далее описано более конкретно со ссылками на следующие варианты реализации. Следует отметить, что приведенное далее описание предпочтительных вариантов реализации данного изобретения представлено тут только в целях иллюстрации и описания. Оно не должно рассматриваться как исчерпывающее или ограниченное конкретной раскрытой формой.

Настоящее изобретение раскрывает толсто пленочный элемент с подложкой с нанесенным покрытием, имеющим высокую теплопроводность, который включает носитель, толсто пленочное покрытие, нанесенное на носитель, и защитный слой, нанесенный на покрытие; толсто пленочное покрытие представляет собой нагревательный материал, и нагрев осуществляется путем электрического нагрева, причем носитель, толсто пленочное покрытие и защитный слой выбирают из материалов, удовлетворяющих следующим неравенствам:

$$\lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1} = a \times \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = b \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = c \times \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3};$$

$$10 \leq a \leq 10^4, 0 < b \leq 10^6, 0 < c \leq 10^3;$$

$$T_2 < T_{\text{Минимальной точки плавления защитного слоя}};$$

$$T_2 < T_{\text{Минимальной точки плавления носителя}};$$

$$T_0 \leq 25^\circ \text{C};$$

$$d_2 \leq 50 \text{ мкм};$$

$$\text{и } d_1 \geq 10 \text{ мкм}; 10 \text{ мкм} \leq d_3 \leq 20 \text{ см};$$

$$T_{\text{Минимальной точки плавления носителя}} > 25^\circ \text{C};$$

$$\lambda_3 \geq \lambda_1.$$

В приведенных ниже вариантах реализации перечислены 20 толсто пленочных элементов, изготовленных заявителем, и все приготовленные материалы защитного слоя, толсто пленочного покрытия и носителя 20 перечисленных толсто пленочных элементов удовлетворяют вышеуказанным неравенствам, причем конкретные способы получения и рецептуры приведены ниже:

Пример.

Выбирают серебряную пасту с коэффициентом теплопроводности λ_2 для получения толсто пленочного покрытия, выбирают полиимид с коэффициентом теплопроводности λ_3 для получения носителя и выбирают полиимид с коэффициентом теплопроводности λ_1 для получения защитного слоя, такие трехслойные структуры связывают путем спекания; площадь полученного толсто пленочного покрытия равна A_2 , толщина составляет d_2 ; площадь защитного слоя равна A_1 , толщина составляет d_1 ; площадь носителя равна A_3 , толщина составляет d_3 . Подключают питание от внешнего источника постоянного тока и подают питание на толсто пленочное покрытие, толстая пленка начинает нагреваться; когда нагрев стабилизируется, измеряют температуру поверхности защитного слоя и носителя и температуру нагрева толсто пленочного покрытия в состоянии стабильного нагрева; рассчитывают интенсивность теплопередачи защитного слоя и носителя и интенсивность тепловыделения толсто пленочного покрытия по следующей формуле:

$$\lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2}, \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$$

В табл. 1-4 описаны 20 толсто пленочных элементов, изготовленных заявителем, которые подвергаются омическому нагреву в течение 2 мин, а затем измеряют и получают перечисленные рабочие характе-

ристики (коэффициент теплопроводности, температура поверхности) в соответствии с национальными стандартами, в то время как толщина, площадь контакта, начальная температура должны быть измерены до нагрева.

Способы измерения коэффициента теплопроводности защитного слоя, толсто пленочного покрытия и носителя описаны ниже:

(1) Включают питание и устанавливают заданное значение напряжения нагрева, затем устанавливают силовой переключатель устройства на 6 В и проводят предварительный нагрев в течение 20 мин;

(2) Проводят коррекцию положения нуля гальванометра со световым указателем;

(3) С учетом стандартного рабочего напряжения с поправкой на комнатную температуру потенциометра UJ31 переключатель потенциометра устанавливают в стандартное положение и регулируют рабочий ток потенциометра;

поскольку напряжение стандартной батареи меняется с температурой, поправку на комнатную температуру рассчитывают по следующей формуле: $E_t = E_0 - [39,94(t-20) + 0,929(t-20)^2]$, где $E_0 = 1,0186$ В.

(4) Помещают нагревательные пластины и нижние термопары на нижнюю часть тонкого образца для испытаний, верхние термопары на верхнюю часть тонкого образца для испытаний. Следует отметить, что термопары должны быть размещены по центру образца для испытаний, и холодный спай термопар должен быть помещен в бутылку со льдом.

(5) Переключатель потенциометра устанавливают в положение 1, измеряют начальную температуру верхней части и нижней части образца для испытаний, причем испытания можно проводить только при разнице температур верхней части и нижней части менее 0,004 мВ (0,1°C).

(6) Начальное значение термоэлектрического потенциала верхней термопары устанавливают равным 0,08 мВ, включают нагрев с помощью выключателя нагрева и определяют время с помощью секундомера; когда световой указатель гальванометра со световым указателем вернется к нулю, выключают источник нагрева и определяют избыточную температуру и время нагрева верхней части.

(7) Измеряют термоэлектрический потенциал нижней термопары через 4~5 мин и определяют избыточную температуру и время нагрева нижней части.

(8) Переключатель потенциометра устанавливают в положение 2, включают выключатель нагрева и измеряют ток нагрева.

(9) После завершения испытаний отключают питание и очищают инструменты и оборудование.

Температуру измеряют с помощью термопарного термометра следующим образом:

(1) Прикладывают термоэлектродную проволоку к поверхности толсто пленочного покрытия, поверхности носителя, поверхности защитного слоя нагревательных элементов и наружному воздуху.

(2) Подают на нагревательное устройство номинальную мощность и измеряют температуру всех частей.

(3) Регистрируют температуру всех частей продуктов с заданными интервалами времени с помощью подключенного компьютера.

Измеряют толщину с помощью микрометра и затем накапливают и усредняют значения величин.

Точку плавления измеряют следующим способом:

Следящий прибор: дифференциальный сканирующий калориметр (ДСК) производства фирмы TA Instruments (US), модель ДСК2920, инструмент представляет собой апробированный стандартный продукт (уровня А) в соответствии с Положением о поверке термического анализатора 014-1996.

(1) Температура окружающей среды: 20~25°C; относительная влажность: <80%;

(2) Стандартный материал для калибровки инструмента: стандартный материал для термического анализа - индий, точка плавления стандарта 429,7485 К (156,60°C).

(3) Метод измерений: процедура определения в соответствии со стандартом Китая "GB/T19466.3-2004/ISO".

Перед испытаниями образца проводят не менее трех измерений, чтобы убедиться в нормальной работе инструмента: помещают образец весом (1~2) мг (паг), взвешенный с точностью до 0,01 мг, в алюминиевую чашечку для образцов; условия проведения испытаний: нагрев до 200°C со скоростью 10°C/мин и повторяют измерение десять раз; модель измерений (measurement model) собирает информацию о точках плавления с помощью компьютера и инструмента, определяет автоматически программу анализа регистрируемых собираемых данных и спектрограммы, и получает модель измерений непосредственно по начальной экстраполированной температуре эндотермического пика плавления; результаты измерений рассчитывают по формуле Бесселя.

В табл. 1 ниже приведены рабочие характеристики защитного слоя толсто пленочного элемента, измеренные в примерах 1-20:

Таблица 1

	Защитный слой					
	Коэффициент теплопроводности λ_1 (Вт/(м•К))	Толщина d_1 (мкм)	Температура поверхности T_1 (°C)	Т _{минимальной точки плавления защитного слоя} (°C)	Начальная температура T_0 (°C)	Интенсивность теплопередачи /10 ⁶
Пример 1	2,3	4000	50	350	25	0,00023
Пример 2	2,2	5000	45	350	25	0,0001584
Пример 3	2,3	5000	50	350	25	0,000184
Пример 4	4,6	5000	53	350	25	0,0005152
Пример 5	2,2	6000	46	350	25	0,0001232
Пример 6	2	6000	45	350	25	0,000106667
Пример 7	1,8	6000	45	350	25	0,000096
Пример 8	2,2	8000	48	350	25	0,000107525
Пример 9	2,4	8000	45	350	25	0,000096
Пример 10	1,85	10000	45	350	25	0,0000666
Пример 11	2,1	10000	50	350	25	0,000084
Пример 12	2,12	20000	50	350	25	0,000053
Пример 13	2,2	20000	45	350	25	0,0000352
Пример 14	2,23	2000	45	350	25	0,0005798
Пример 15	2,2	2000	55	350	25	0,000594
Пример 16	2,2	12000	55	350	25	0,000143
Пример 17	2,23	12000	45	350	25	5,94667E-05
Пример 18	2,05	12000	45	350	25	6,83333E-05
Пример 19	2,2	7000	50	350	25	0,000125714
Пример 20	2,2	7000	50	350	25	9,42857E-05

В табл. 2 ниже приведены рабочие характеристики толстополеночного покрытия толстополеночного элемента, измеренные в примерах 1-20:

Таблица 2

	Толстополеночное покрытие					
	Коэффициент теплопроводности λ_2 (Вт/(м•К))	Толщина d_2 (мкм)	Площадь A_2 (м ²)	Температура нагрева T_2 (°C)	Начальная температура T_0 (°C)	Интенсивность тепловыделения /10 ⁶
Пример 1	380	50	0,016	116	25	11,0656
Пример 2	320	50	0,018	110	25	9,792
Пример 3	380	40	0,016	103	25	11,856
Пример 4	380	40	0,02	112	25	16,53
Пример 5	380	30	0,016	98	25	14,79466667
Пример 6	381	30	0,016	97	25	14,6304
Пример 7	381	30	0,016	95	25	14,224
Пример 8	381	25	0,017	108	25	21,50364
Пример 9	380	25	0,016	97	25	17,5104
Пример 10	380	25	0,018	100	25	20,52
Пример 11	380	30	0,016	100	25	15,2
Пример 12	380	30	0,02	108	25	21,02666667
Пример 13	381	20	0,016	95	25	21,336
Пример 14	381	20	0,026	98	25	36,1569
Пример 15	381	30	0,018	99	25	16,9164
Пример 16	380,5	30	0,026	110	25	28,03016667
Пример 17	380,5	35	0,016	103	25	13,56754286
Пример 18	380,5	35	0,02	98	25	15,87228571
Пример 19	380,5	25	0,016	94	25	16,80288
Пример 20	380,5	25	0,012	102	25	14,06328

В табл. 3 ниже приведены рабочие характеристики носителя толстополеночного элемента, измеренные в примерах 1-20.

Таблица 3

	Носитель					
	Коэффициент теплопроводности λ_3 (Вт/(м•К))	Толщина d_3 (мкм)	Температура поверхности T_3 (°C)	Т _{Минимальной точки плавления носителя} (°C)	Начальная температура T_0 (°C)	Интенсивность теплопередачи /10 ⁶
Пример 1	7,15	20	105	350	25	0,4576
Пример 2	7,15	80	100	350	25	0,12065625
Пример 3	7,15	50	90	350	25	0,14872
Пример 4	7,16	100	108	350	25	0,118856
Пример 5	7,16	20	86	350	25	0,349408
Пример 6	7,16	200	90	350	25	0,037232
Пример 7	7,21	300	84	350	25	0,022687467
Пример 8	7,21	80	90	350	25	0,099588125
Пример 9	7,21	20	87	350	25	0,357616
Пример 10	7,18	50	95	350	25	0,180936
Пример 11	7,18	50	93	350	25	0,1562368
Пример 12	7,18	50	105	350	25	0,22976
Пример 13	7,15	30	85	350	25	0,2288
Пример 14	7,15	30	88	350	25	0,39039
Пример 15	7,15	25	85	350	25	0,30888
Пример 16	7,17	25	100	350	25	0,55926
Пример 17	7,17	50	94	350	25	0,1583136
Пример 18	7,22	50	88	350	25	0,181944
Пример 19	7,22	50	91	350	25	0,1524864
Пример 20	7,22	45	92	350	25	0,128997333

В табл. 4 приведена интенсивность теплопередачи, рассчитанная по рабочим характеристикам, представленным в табл. 1, 2 и 3. Рассчитывают интенсивность теплопередачи защитного слоя, толсто-пленочного покрытия и носителя по соотношениям (by ratio) для получения граничных условий для материалов, удовлетворяющих следующим уравнениям:

$$\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3} = a \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \quad \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = b \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \quad \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = c \times \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$$

где $10 \leq a \leq 10^4$, $0 < b \leq 10^6$, $0 < c \leq 10^3$.

Таблица 4

	Защитный слой	Толсто- плечное покрытие	Носитель	a	b	c	Удовлетворяют неравенствам или нет
	Интенсив- ность тепло- передачи	Интенсив- ность тепло- выделения	Интенсив- ность тепло- передачи				
Пример 1	230	11065600	457600	1989,5652	48111,304	24,181818	Да
Пример 2	158,4	9792000	120656,25	761,71875	61818,182	81,156177	Да
Пример 3	184	11856000	148720	808,26087	64434,783	79,72028	Да
Пример 4	515,2	16530000	118856	230,69876	32084,627	139,07586	Да
Пример 5	123,2	14794666,67	349408	2836,1039	120086,58	42,342095	Да
Пример 6	106,66666 67	14630400	37232	349,05	137160	392,9523	Да
Пример 7	96	14224000	22687,46667	236,32778	148166,67	626,95409	Да
Пример 8	107,525	21503640	99588,125	926,18577	199987,35	215,92574	Да
Пример 9	96	17510400	357616	3725,1667	182400	48,964252	Да
Пример 10	66,6	20520000	180936	2716,7568	308108,11	113,41027	Да
Пример 11	84	15200000	156236,8	1859,9619	180952,38	97,288219	Да
Пример 12	53	21026666,67	229760	4335,0943	396729,56	91,515785	Да
Пример 13	35,2	21336000	228800	6500	606136,36	93,251748	Да
Пример 14	579,8	36156900	390390	673,31839	62360,987	92,617383	Да
Пример 15	594	16916400	308880	520	28478,788	54,7669	Да
Пример 16	143	28030166,67	559260	3910,9091	196015,15	50,120099	Да
Пример 17	59,466666 67	13567542,86	158313,6	2662,2242	228153,75	85,700425	Да
Пример 18	68,333333 33	15872285,71	181944	2662,5951	232277,35	87,237203	Да
Пример 19	125,71428 57	16802880	152486,4	1212,96	133659,27	110,19265	Да
Пример 20	94,285714 29	14063280	128997,333 3	1368,1535	149156	109,01993	Да

Результаты, приведенные в табл. 4, показывают, что все толстые пленки, полученные в примерах 1-20, удовлетворяют неравенствам, и носитель, т.е. подложка с нанесенным покрытием, выполняет функцию генерирования тепла, и разница температур с двух сторон составляет более 40°C, для обеспечения выполнения функции генерирования тепла. При использовании продукта, он будет снижать потери тепла, когда только подложка с нанесенным покрытием толстоплечного элемента способна генерировать тепло, и его температура может быть поднята до более чем 100°C, что демонстрирует высокую эффективность тепловыделения толстоплечного нагревательного элемента по настоящему изобретению.

В табл. 5-8 приведены рабочие характеристики толстоплечного элемента, полученные в сравнительных примерах 1-10 по настоящему изобретению. Все рабочие характеристики определяют так же, как в табл. 1-4, и конкретные данные приведены ниже.

Таблица 5

	Защитный слой					
	Коэффициент теплопроводности λ_1 (Вт/(м•К))	Толщина d_1 (мкм)	Температура поверхности T_1 (°C)	$T_{\text{Минимальной точки плавления защитного слоя}}$ (°C)	Начальная температура T_0 (°C)	Интенсивность теплопередачи /10 ⁶
Сравнительный пример 1	7,18	25	113	350	25	0,4043776
Сравнительный пример 2	2,2	25	55	350	25	0,14784
Сравнительный пример 3	2,23	25	102	350	25	0,1098944
Сравнительный пример 4	7,17	50	53	350	25	0,2248512
Сравнительный пример 5	7,21	50	97	350	25	0,1661184
Сравнительный пример 6	7,18	75	51	350	25	0,139387733
Сравнительный пример 7	1,8	75	94	350	25	0,026496
Сравнительный пример 8	2,2	75	47	350	25	0,036138667
Сравнительный пример 9	2,4	100	93	350	25	0,026112
Сравнительный пример 10	7,18	100	44	350	25	0,0763952

Таблица 6

	Толстополеночное покрытие					
	Коэффициент теплопроводности λ_2 (Вт/(м•К))	Толщина d_2 (мкм)	Площадь A_2 (м ²)	Температура нагрева T_2 (°C)	Начальная температура T_0 (°C)	Интенсивность тепловыделения /10 ⁶
Сравнительный пример 1	382	50	0,016	116	25	11,12384
Сравнительный пример 2	382	50	0,056	56	25	13,26304
Сравнительный пример 3	382	40	0,016	103	25	11,9184
Сравнительный пример 4	382	40	0,056	55	25	16,044
Сравнительный пример 5	382	30	0,016	98	25	14,87253333
Сравнительный пример 6	382	30	0,056	52	25	19,2528
Сравнительный пример 7	382	30	0,016	95	25	14,26133333
Сравнительный пример 8	382	25	0,056	49	25	20,53632
Сравнительный пример 9	382	25	0,016	97	25	17,60256
Сравнительный пример 10	382	25	0,056	46	25	17,96928

Таблица 7

	Носитель					
	Коэффициент теплопроводности λ_3 (Вт/(м•К))	Толщина d_3 (мм)	Температура поверхности T_3 (°C)	$T_{\text{Минимальная точки плавления носителя}}$ (°C)	Начальная температура T_0 (°C)	Интенсивность теплопередачи $/10^3$
Сравнительный пример 1	7,16	1	105	350	25	9,1648
Сравнительный пример 2	7,16	2	42	350	25	3,40816
Сравнительный пример 3	7,16	4	87	350	25	1,77568
Сравнительный пример 4	7,18	1	43	350	25	7,23744
Сравнительный пример 5	7,18	2	86	350	25	3,50384
Сравнительный пример 6	7,18	1	40	350	25	6,0312
Сравнительный пример 7	7,21	2	84	350	25	3,40312
Сравнительный пример 8	7,21	3	38	350	25	1,749626667
Сравнительный пример 9	7,22	1	87	350	25	7,16224
Сравнительный пример 10	7,22	2	40	350	25	3,0324

Таблица 8

	Защитный слой	Толстоленочное покрытие	Носитель	a	b	c	Удовлетворяют неравенствам или нет
	Интенсивность теплопередачи	Интенсивность тепловыделения	Интенсивность теплопередачи				
Сравнительный пример 1	404377,6	11123840	9164,8	0,022664	27,508546	1213,757	Нет
Сравнительный пример 2	147840	13263040	3408,16	0,02305	89,7121	3891,55	Нет
Сравнительный пример 3	109894,4	11918400	1775,68	0,0161581	108,45321	6712,0202	Нет
Сравнительный пример 4	224851,2	16044000	7237,44	0,0321877	71,353855	2216,8059	Нет
Сравнительный пример 5	166118,4	14872533,33	3503,84	0,0210924	89,529717	4244,6383	Нет
Сравнительный пример 6	139387,7333	19252800	6031,2	0,0432692	138,12406	3192,2006	Нет
Сравнительный пример 7	26496	14261333,33	3403,12	0,128439	538,24477	4190,6643	Нет
Сравнительный пример 8	36138,66667	20536320	1749,626667	0,0484143	568,26446	11737,544	Нет
Сравнительный пример 9	26112	17602560	7162,24	0,2742892	674,11765	2457,6892	Нет
Сравнительный пример 10	76395,2	17969280	3032,4	0,0396936	235,21478	5925,7618	Нет

Толстоленочные элементы сравнительных примеров 1-10, приведенных в таблицах выше, не удов-

летворяют требованиям к материалу по настоящему изобретению при выборе материала и структуры, и не удовлетворяют неравенствам по настоящему изобретению. После подачи питания и начала выработки тепла толсто пленочными элементами сравнительных примеров 1-10, разница температур их двух сторон не очень значительна, и разница температур нагрева защитного слоя и носителя не превышает 15°C. Толсто пленочный элемент, полученный из выбранного материала, не соответствует требованиям к толсто пленочному элементу с подложкой с нанесенным покрытием, имеющим высокую теплопроводность по настоящему изобретению, и не соответствует требованиям к продукту по настоящему изобретению, демонстрирующему интенсивность теплопередачи по настоящему изобретению. В соответствии с раскрытием и приведенным выше описанием изобретения, квалифицированные специалисты в области техники, к которой относится данное изобретение, смогут вносить изменения и модификации в выше-описанный вариант реализации, таким образом, объем настоящего изобретения не ограничен раскрытыми и описанными выше конкретными вариантами реализации, и все такие модификации и изменения настоящего изобретения не выходят за пределы объема настоящего изобретения, определяемого приложенной формулой изобретения. Кроме того, хотя в описании используются некоторые специфические термины, они представляют собой пояснительные примеры и не должны рассматриваться как ограничивающие каким-либо образом объем настоящего изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Толсто пленочный нагревательный элемент с подложкой с нанесенным покрытием, имеющим высокую теплопроводность, содержит носитель, толсто пленочное покрытие, нанесенное на носитель, и защитный слой, что нанесен на упомянутое покрытие, причем толсто пленочное покрытие представляет собой нагревательный материал, выполненный с возможностью нагрева путем электрического нагрева, причем носитель, толсто пленочное покрытие и защитный слой выполнены из материалов, удовлетворяющих следующим неравенствам:

$$\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3} = a \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = b \times \lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}, \lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2} = c \times \lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$$

$$10 \leq a \leq 10^4, 0 < b \leq 10^6, 0 < c \leq 10^3;$$

$$T_2 < T_{\text{Минимальной температуры плавления защитного слоя}}; T_2 < T_{\text{Минимальной температуры плавления носителя}};$$

$$T_0 \leq 25^\circ\text{C};$$

где величина $\lambda_1 A \frac{T_1 - T_0}{d_1}$ обозначает интенсивность теплопередачи защитного слоя;

величина $\lambda_2 A \frac{T_2 - T_0}{d_2}$ обозначает интенсивность тепловыделения толсто пленочного покрытия;

величина $\lambda_3 A \frac{T_3 - T_0}{d_3}$ обозначает интенсивность теплопередачи носителя;

λ_1 обозначает коэффициент теплопроводности защитного слоя при температуре T_1 ;

λ_2 обозначает коэффициент теплопроводности толсто пленочного покрытия при температуре T_2 ;

λ_3 обозначает коэффициент теплопроводности носителя при температуре T_3 ;

A обозначает площадь контакта толсто пленочного покрытия и защитного слоя или носителя;

d_1 обозначает толщину защитного слоя;

d_2 обозначает толщину толсто пленочного покрытия;

d_3 обозначает толщину носителя;

T_0 обозначает начальную температуру толсто пленочного нагревательного элемента;

T_1 обозначает температуру поверхности защитного слоя;

T_2 обозначает температуру нагрева толсто пленочного покрытия;

T_3 обозначает температуру поверхности носителя;

$$d_2 \leq 50 \text{ мкм};$$

$$\text{и } d_1 \geq 10 \text{ мкм}; 10 \text{ мкм} \leq d_3 \leq 20 \text{ см};$$

$$T_{\text{Минимальной температуры плавления носителя}} > 25^\circ\text{C};$$

причем носитель и толсто пленочное покрытие соединены с помощью печати или спекания, толсто пленочное покрытие и защитный слой соединены с помощью печати, нанесения покрытия, напыления или спекания или с помощью клея с низкой адгезионной прочностью (mucilage glue).

2. Толсто пленочный нагревательный элемент по п.1, отличающийся тем, что коэффициент теплопроводности носителя $\lambda_3 \geq 3 \text{ Вт/(м·К)}$, коэффициент теплопроводности носителя $\lambda_1 \leq 3 \text{ Вт/(м·К)}$ и $10 \leq a \leq 10^4$, $10^4 \leq b \leq 10^6$, $10 \leq c \leq 10^3$.

3. Толсто пленочный нагревательный элемент по п.2, отличающийся тем, что носитель и защитный слой в области без толсто пленочного покрытия соединены методами печати, нанесения покрытия, напыления или спекания или с помощью клея с низкой адгезионной прочностью (mucilage glue).

4. Толсто пленочный нагревательный элемент по п.1, отличающийся тем, что носитель включает полиимид, органический изолирующий материал, неорганический изолирующий материал, керамику, стеклокерамику, кварц, камень, ткань и волокно.

5. Толсто пленочный нагревательный элемент по п.1, отличающийся тем, что толсто пленочное по-

крытие представляет собой один или несколько материалов, выбранных из серебра, платины, палладия (Pd), оксида палладия, золота или редкоземельного материала.

6. Толсто пленочный нагревательный элемент по п.1, отличающийся тем, что защитный слой получают из одного или нескольких материалов, выбранных из полиэфира, полиимида или полиэтиленимида (PEI), керамики, силикагеля, асбеста, материала микарекс (micagex), ткани или волокна.

7. Толсто пленочный нагревательный элемент по п.1, отличающийся тем, что площадь толсто пленочного покрытия меньше или равна площади защитного слоя или носителя.

