



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 168 252** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК⁷ **H 02 G 15/064, 15/06, 15/04, 15/23**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

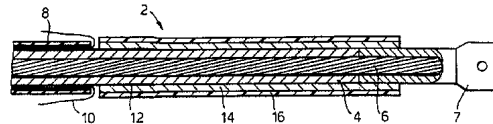
(21), (22) Заявка: 98115587/09, 14.01.1997
(24) Дата начала действия патента: 14.01.1997
(30) Приоритет: 16.01.1996 GB 96 00 819.8
(43) Дата публикации заявки: 20.06.2000
(46) Дата публикации: 27.05.2001
(56) Ссылки: FR 2547451 A, 14.12.1984. SU 1032507 A, 30.07.1983. SU 228733 A, 13.11.1969. US 4297250 A, 27.10.1981. EP 0121986 B2, 22.04.1987.
(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 17.08.1998
(86) Заявка РСТ: GB 97/00092 (14.01.1997)
(87) Публикация РСТ: WO 97/26693 (24.07.1997)
(98) Адрес для переписки: 105023, Москва, ул. Б.Семеновская, д.49, оф.404, Центр "ИННОТЭК", Аргасову О.В.

(71) Заявитель: РЕЙКЕМ ГМБХ (DE)
(72) Изобретатель: КЕМП Кристиан (DE), БАХМАЙЕР Георг (DE), ГРАМЕШПАХЕР Хансйорг (DE)
(73) Патентообладатель: РЕЙКЕМ ГМБХ (DE)
(74) Патентный поверенный: Аргасов Олег Вячеславович

(54) **КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

(57) Изобретение относится к области электротехники. Предложенная композиция для применения ее в качестве слоя, регулирующего электростатическое напряжение, предназначена для использования со сращиваниями и концевыми заделками кабелей, имеет нелинейную вольт-амперную характеристику. Технический результат состоит в улучшении электрических свойств композиции, содержащей мелкие частицы наполнителя правильной формы. Композиция содержит полимерную матрицу и порошковый наполнитель на основе цинка. Согласно изобретению, частицы наполнителя имеют, по существу, сферическую форму, прокалены при температуре 800-1400°C и измельчены. Более 50 мас.% частиц имела

максимальный размер 5-100 мкм, удельное сопротивление композиции уменьшается, по меньшей мере, в 10 раз при увеличении электрического поля менее чем на 5 кВ/см в области, в которой диапазон электрического поля составляет 5-50 кВ/см, причем наполнитель составляет 5-60 об.% от всей композиции, и не менее 85 мас.% наполнителя содержат оксид цинка. Композиция в одном из вариантов ее выполнения образована в слое материала. 2 с. и 8 з.п. ф-лы, 5 ил.



ФИГ. 1



RUSSIAN AGENCY
FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 168 252** ⁽¹³⁾ **C2**
(51) Int. Cl.⁷ **H 02 G 15/064, 15/06, 15/04,
15/23**

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

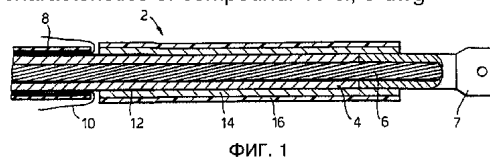
(21), (22) Application: 98115587/09, 14.01.1997
(24) Effective date for property rights: 14.01.1997
(30) Priority: 16.01.1996 GB 96 00 819.8
(43) Application published: 20.06.2000
(46) Date of publication: 27.05.2001
(85) Commencement of national phase: 17.08.1998
(86) PCT application:
GB 97/00092 (14.01.1997)
(87) PCT publication:
WO 97/26693 (24.07.1997)
(98) Mail address:
105023, Moskva, ul. B.Semenovskaja, d.49,
of.404, Tsentr "INNOTEhK", Argasovu O.V.

(71) Applicant:
REJKEM GMBKh (DE)
(72) Inventor: KEMP Kristian (DE),
BAKhMAJER Georg (DE), GRAMEShPAKHER
Khansjorg (DE)
(73) Proprietor:
REJKEM GMBKh (DE)
(74) Representative:
Argasov Oleg Vjacheslavovich

(54) **ELECTROSTATIC VOLTAGE REGULATION COMPOUND**

(57) Abstract:
FIELD: electrical engineering. SUBSTANCE:
proposed compound designed for use as
electrostatic voltage regulating layer for
cable splicing and termination has nonlinear
current-voltage characteristic. Compound has
polymeric matrix and zinc based powder
filler. Novelty is that spherical filler
particles are calcined at 800-1400 C and
milled. Over 50 mass percent of regular
shape small particles measure 5-100 mcm;
compound resistivity reduces by at least ten
times with increase in electric field
strength by at least 5 kV/cm in region where

electric field strength ranges between 5 and
50 kV/cm; filler content amounts to 5-60
mas.% of total mass of compound and at least
85 mas. % of filler contains zinc oxide. As
an alternative, compound may be formed in
material layer. EFFECT: improved electrical
characteristics of compound. 10 cl, 5 dwg



RU 2 168 252 C2

RU 2 168 252 C2

Настоящее изобретение относится к регулированию электростатического напряжения, в частности к композиции материала для осуществления регулирования электростатического напряжения и его применению, например, для сращивания и концевой заделки электрических силовых кабелей.

Электрическое оборудование, содержащее силовые кабели, работающие под средним электрическим напряжением, например, под электрическим напряжением 10 кВ и выше, могут подвергаться воздействию электростатических напряжений, которые не могут существенно регулироваться посредством материала, по существу являющимся только электрическим изолятором. Известно использование материала для регулирования электростатических напряжений, в частности, в таких случаях применения. Такой материал может классифицироваться как "линейный" и как "нелинейный". Линейный материал регулирования электростатических напряжений подчиняется закону Ома

$$I = kV$$

где I = электрический ток;

V = электрическое напряжение; и

k = постоянная.

Нелинейный материал подчиняется закону Ома в общем виде

$$I = kV^\gamma$$

где γ - константа, большая единицы, величина которой зависит от используемого материала.

В патенте EP-B-0121986, выданном Рейкему, например, описывается концевая заделка высоковольтного электрического кабеля, в котором слой линейного материала регулирования электростатических напряжений использовали в комбинации со слоем нелинейного материала регулирования электростатических напряжений. Материал для каждого слоя может быть выбран из множества материалов, содержащих наполненные полимеры.

В статье, опубликованной Штрюмплером, Клюге-Вейссом и Гройтером из ABB в материалах Proceedings of the 8th CIMTEC Ceramic Congress and Forum on Materials Symposium, Florence, 29th June to 4th July 1994, под названием "Композиционные материалы для интеллектуальных варисторов", описывается материал порошка для варистора на основе легированного оксида цинка, используемого в качестве наполнителя в полимерной матрице. Предложенные применения материала являются примерами подавления переходных напряжений или выравнивания распределения поля электрического напряжения в проходных изоляторах и концевых заделках кабеля. Наполнитель получали путем спекания порошка в диапазоне температур 935-1320°C в течение 4-20 часов, соответственно. Как указано, форма частиц была почти сферической. Указано, что агломераты могут иметь диаметры от приблизительно 3 мкм до примерно 300 мкм и, что путем просеивания перед или после спекания может быть выбрана определенная размерная фракция. В приведенном примере, путем просеивания получали частицы диаметром менее 200 мкм. Полученный материал имел нелинейную вольт-амперную характеристику.

В патенте FR-A-2547451 (Electricite De France) описывается нелинейный резистивный материал для применения для распределения электрического напряжения в концевой заделке кабеля. Материал содержит связующее, которое может быть полимерным веществом, и керамический порошок на основе легированного оксида цинка. В этой публикации указано, что массовая доля порошка (оксида цинка) и размер его частиц являются двумя важными характеристиками материала, причем оксид цинка составляет, по меньшей мере, 50% от всей массы и, по меньшей мере, 50% частиц порошка имеет диаметр более 100 мкм. Был получен нелинейный материал с плавным изменением напряженности поля с изменением плотности тока. Керамический материал получали измельчением таблетки материала, полученной спеканием при высокой температуре (800-1500°C). То есть, исходные частицы оксида цинка спрессовывали при высокой температуре в когерентное твердое тело или таблетку, используемую в качестве варистора в высоковольтных грозовых разрядниках, которую затем измельчали в планетарной агатовой мраморной дробилке для получения порошка. В результате такого измельчения получали частицы неправильной и, как правило, зубчатой формы. Показано, что нелинейность получаемого в результате порошкового материала улучшается по мере увеличения размера частиц при постоянной доле (85%) порошка в общей композиции. Размер частиц порошка в диапазоне от 140 мкм до 200 мкм является предпочтительным по сравнению к размеру от 100 мкм до 140 мкм. Было установлено, что образцы, имеющие размер частиц менее 100 мкм, являются значительно менее нелинейными.

В патенте US-A-4297250 (Westinghouse) описан способ получения композиции порошка оксида цинка, имеющего нелинейные вольт-амперные характеристики. Массу агломерированных частиц спрессовывали для получения когезионного спрессованного сырья, который затем нагревали до температуры 1050-1400°C и выдерживали при ней в течение времени, необходимого для спекания частиц вместе. После этого спеченное изделие дробили для получения тонкоизмельченных фрагментов порошковых частиц. Фрагменты просеивали и нагревали при температуре 500-1050°C и затем измельчали для получения тонкоизмельченного порошка, имеющего нелинейные вольт-амперные характеристики. Очевидно, что давление спекания и последующее измельчение значительно изменяют первоначальную правильную форму частиц в неправильную форму, как показано на фиг. 1 и 2 этого патента, а последующий нагрев не изменяет неправильной формы.

Одной задачей настоящего изобретения является получение улучшенной композиции, регулирующей электростатическое напряжение, основанной на оксиде цинка, и которая имеет нелинейную электрическую характеристику.

В соответствии с одним аспектом настоящего изобретения обеспечивается получение композиции, регулирующей электростатическое напряжение, содержащей (a) полимерную матрицу, и (b) порошковый наполнитель, содержащий

порошок варистора на основе оксида цинка;
в которой

(1) частицы наполнителя прокалены при температуре 800-1400°C и затем измельчены так, что по существу все частицы сохраняют свою исходную по существу сферическую форму,

(2) по меньшей мере 85 мас.% наполнителя содержат оксид цинка,

(3) более 50 мас.% частиц наполнителя имеют максимальный размер 5-100 мкм, так что композиция имеет нелинейную электрическую характеристику, благодаря чему ее удельное электросопротивление уменьшается, по меньшей мере, в 10 раз, если электрическое поле, увеличивается менее, чем на 5 кВ/см в области, в которой диапазон электрического поля составляет 5-50 кВ/см, и

(4) наполнитель составляет 5-60 об.% от всей композиции.

Как известно из предшествующего уровня техники относительно нелинейного полимерного материала с наполнителем на основе оксида цинка, для регулирования электростатического напряжения предпочтительным является порошок, полученный из спеченного изделия и имеющий размер частиц более 100 мкм (EdF) и менее 200 мкм (ABB). В противоположность этому в соответствии с настоящим изобретением требуется меньший размер частиц, кроме того, очевидно, что в соответствии с настоящим изобретением измельчение сжатого блока обеспечивает получение порошковых частиц правильной формы, что может оказаться выгодным. В последнем отношении необходимо отметить, что прокаливание, используемое в соответствии с настоящим изобретением, представляет собой высокотемпературный нагрев, в течение которого на частицы действуют только силы тяжести и отсутствует какое-либо сжатие. К полученному в результате изделию необходимо приложить небольшое усилие для разрушения, например, небольшое усилие при измельчении, и это минимизирует долю частиц, например, 5% которые имеют неправильную форму вместо гладкой формы, как правило, сферической, которая является обычной формой частиц порошка варистора на основе легированного оксида цинка, получаемого от изготовителя.

Предпочтительно, чтобы все частицы наполнителя имели максимальный размер менее 100 мкм, а предпочтительнее менее 125 мкм.

Предпочтительно, чтобы не более 15 мас.% частиц наполнителя имели максимальный размер менее 15 мкм.

Размер частиц имеет особое значение, если композиция сформована в виде листа или трубки для применения в качестве слоя регулирования электростатического напряжения, используемого в электрических устройствах, сращивании кабелей, концевых заделках кабелей и так далее. Такой слой будет иметь толщину порядка 1 мм и, если частицы имеют размер, сравнимый с толщиной слоя, то поверхность может оказаться грубой и образовывать воздушные зазоры, особенно при наличии частиц неправильной формы. В таких случаях могут иметь место частичные недопустимые электрические разряды. Порошковый материал, просеиваемый через сито для отсева

частиц более 200 мкм, то есть 0,2 мм, как предлагается в статье ABB, значительно увеличивает опасность нежелательных электрических разрядов по сравнению с порошковым материалом, получаемым в результате отсева частиц менее 125 мкм, то есть 0,125 мм.

Следует также отметить, что в статье ABB не показано влияния размера частиц порошка и/или его гранулометрического состава на электрическую характеристику композиции. В соответствии с настоящим изобретением было установлено, что помимо требования того, чтобы все частицы имели размер менее 125 мкм, средний размер прокаленного порошка имел нормальное (гауссово) распределение (либо действительное гауссово распределение, либо распределение, преобразованное в гауссово) и составлял 20-60 мкм, предпочтительно - 25-50 мкм, а предпочтительнее всего - 35-45 мкм.

Кроме того, предпочтительно, чтобы менее 15 мас.%, а предпочтительнее менее 5 мас.%, частиц имели максимальный размер менее 25 мкм. Установлено, что при невыполнении этого условия удельное электросопротивление конечной композиции слишком велико при высокой напряженности электрического поля, причем в этом случае имеет место эффект, заключающийся в том, что точка коммутации (при переходе к меньшему удельному электросопротивлению) имеет место при слишком большом значении, чтобы найти практическое использование для типовых случаев применения композиции регулирования электростатического напряжения, соответствующей настоящему изобретению.

Прокаливание наполнителя осуществляют при температурах 800-1400°C, а предпочтительно при температурах 950-1250 °C, причем температура 1100°C является самой предпочтительной номинальной температурой. Очевидно, что оптимальная температура процесса прокаливания будет зависеть от конкретной легирующей примеси, имеющейся в порошке оксида цинка. Для того, чтобы гарантировать то, что все легирующие примеси активированы, то есть, например, имеет место плавление и диффузия легирующих примесей, что в результате приводит к получению, например, порошка, имеющего резкое изменение удельного электросопротивления, необходима минимальная температура. Однако слишком высокая температура может привести к нежелательному химическому разложению материала регулирования электростатического напряжения. Для гарантии однородных электрических свойств всех порошковых частиц необходимо, чтобы все частицы порошка выдерживались при температуре прокаливания достаточное время.

Представляется, что процесс прокаливания дает в результате "эффект варистора" для каждой отдельной частицы. То есть порошковый материал имеет не только нелинейную характеристику изменения своего электросопротивления при прохождении переменного тока (отношение, прикладываемого к материалу напряжения переменного электрического тока к результирующему току, проходящему через него), но также имеет характеристику

коммутирования, которая выражается в наличии резкого перехода на диаграмме зависимости электрического напряжения от электрического тока, которая количественно определяется тем, что удельное электросопротивление материала уменьшается, по меньшей мере, в десять раз, если электрическое поле увеличивается на менее, чем 5 кВ/см (в некоторой области в диапазоне электрического поля, составляющем 5-50 кВ/см, а предпочтительно в диапазоне 10-25 кВ/см, который является типовым рабочим диапазоном материала при использовании в случае срачивания или концевой заделки электрического силового кабеля). Предпочтительно переход характеризуется тем, что определенное уменьшение имеет место, когда электрическое поле увеличивается менее, чем на 2 кВ/см в диапазоне 10-20 кВ/см. Нелинейность имеет место как в общем электросопротивлении материала, так и в его объемном удельном электросопротивлении. Нелинейность характеристики частиц наполнителя может отличаться на каждой стороне от точки коммутации. Важно также то, что в точке коммутации материал просто значительно изменяет свою нелинейность, причем, когда электростатическое сопротивление увеличивается, это не ведет к электрическому пробоя или искрению. Чем меньший размер имеют частицы данной композиции, тем меньше вероятность возникновения пробоя за точкой коммутации.

В противоположность материалу, описанному в патенте США US-A-4297250, почти все, то есть, по меньшей мере, 80%, а предпочтительно 90% частиц композиции, соответствующей настоящему изобретению, сохраняют свою первоначальную, по существу сферическую форму с преимуществом более хороших электрических свойств.

Точка, то есть электростатическое напряжение, в которой композиция коммутируется между значениями ее более высокого и более низкого электросопротивления, может быть выбрана так, чтобы соответствовать требованиям, предъявляемым в случае применения результирующего изделия. Эта характеристика может быть изменена путем выбора, например, (1) определенной полимерной матрицы или ее относительной проницаемости, скажем, в диапазоне 4-60, (2) соответствующего размера частиц наполнителя, (3) объемного содержания наполнителя, и (4) температуры и/или выдержки при температуре прокаливания. Положение точки коммутации относительно значения электростатического напряжения повлияет, например, на импульсные характеристики срачивания или концевой заделки электрического силового кабеля, в котором используется материал, и может потребовать, например, изменения для различных случаев применения в качестве материала для срачивания электрического кабеля или в качестве материала для концевой заделки электрического кабеля. В последнем отношении импульсные характеристики улучшаются, если точка коммутации находится при более низких напряженностях электрического поля. Однако это означает, что материал обладает большей электропроводностью и следует принять во

внимание результирующий нагрев материала, который станет больше при более высоком номинальном электрическом напряжении кабеля.

5 Применение частиц легированного оксида цинка, обработанных таким образом, позволяет использовать в полимерной матрице необходимое количество порошковых частиц в диапазоне 5-50 об.%, а предпочтительно - 10-40 об.% и приводит в результате к уменьшению размера частиц, чем в указанной выше известной композиции, причем максимальный размер частиц находится в диапазоне 5-100 мкм, а предпочтительно в диапазоне 25-75 мкм, которых в композиции больше 50 мас.%. Предпочтительно, чтобы таких частиц было, по меньшей мере, 60 мас.%.

10 Для обеспечения требуемого электросопротивления композиции, которое, например, должно быть больше для применения в качестве материала для регулирования электростатического напряжения в концевой заделке электрического силового кабеля, чем в качестве материала для регулирования электростатического напряжения при срачивании того же кабеля, работающего при таком же номинальном электрическом сопротивлении, может быть выбрано объемное содержание наполнителя в полимерной матрице.

20 Требуемый размер частиц получают просеиванием порошкового материала через соответствующее сито с размером ячеек предпочтительно 125 мкм. Предпочтительно, чтобы процесс формирования прокаливаемых частиц приводил к сохранению у них гладкой, а не зубчатой или остроугольной внешней поверхности, и они могли бы быть по существу овальными или предпочтительно сферическими, а не более значительно удлинненными.

30 Порошковый наполнитель содержит, по меньшей мере, 85 мас.%, а предпочтительно, по меньшей мере, 90 мас. % оксида цинка. Остальной материал представляет собой легирующие примеси, которые могут содержать некоторые или все приведенные в качестве примера вещества, известные квалифицированным специалистам в области материалов варисторов на основе легированного оксида цинка: Bi_2O_3 , Cr_2O_3 , Sb_2O_3 , CO_2O_3 , MnO_3 , Al_2O_3 , CoO , Co_3O_4 , MnO , MnO_2 , SiO_2 и незначительные количества свинца, железа, бора и алюминия.

40 Полимерная матрица может содержать эластомерные материалы, например, силикон или каучук на основе сополимера этилена, пропилена и диенового мономера; термопластичные полимеры, например, полиэтилен или полипропилен; адгезивы, например, адгезивы на основе этиленвинилацетата; термопластичные эластомеры; гели; терморективные материалы, например, эпоксидные смолы; или комбинацию таких материалов, включающую в себя сополимеры, например, комбинацию полиизобутилена и аморфного полипропилена.

50 Общая композиция может также содержать другие хорошо известные добавки для таких материалов, например, предназначенные для улучшения их технологичности и/или

пригодности для конкретных случаев применения. В последнем отношении, например, материалы для применения в электрических силовых кабелях должны обладать сопротивлением воздействию погодных условий. Таким образом, соответствующие добавки могут содержать технологические добавки, стабилизаторы, антиоксиданты и пластификаторы, например, масло.

Порошок легированного оксида цинка составляет 5-60 об.% от всей композиции, а предпочтительно превышает 10 об.%, более предпочтительно 20 об.%, а предпочтительнее всего 25 об. % и предпочтительно не превышает 50 об.%, а более предпочтительно не превышает 40 об.% от всего объема.

Относительная проницаемость общей композиции предпочтительно находится в диапазоне 4-60, предпочтительно превышает 6, а более предпочтительно превышает 8 и предпочтительно не превышает 40, а более предпочтительно не превышает 25, измеренная в электрическом поле малой напряженности, например, приблизительно 2 В/мм при частоте 50 Гц. Кроме того, предпочтительно, чтобы проницаемость не изменялась более чем в два раза при измерениях до частоты 250 кГц.

Удельное электросопротивление общей композиции предпочтительно находится в диапазоне 10^8 - 10^{10} Ом-см, измеренное в электрическом поле малой напряженности (приблизительно 2 В/мм) при частоте 50 Гц.

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения заявляются электрические устройства, например, сращивание или концевая заделка электрического силового кабеля, имеющего нанесенный на него слой материала, содержащего композицию, регулируемую электростатическое напряжение, описываемую ниже со ссылкой на первый аспект настоящего изобретения.

Композиция может быть сформирована в виде слоя, например, ленты или листа, который может быть обернут вокруг электрического устройства. В альтернативном варианте слой может быть образован в виде трубчатого элемента. Этот слой может быть также получен в процессе совместной экструзии, например, с внутренним слоем.

Слой материала, образованный из композиции, соответствующей настоящему изобретению, может как правило, иметь толщину приблизительно 1 мм.

В одном случае применения композиция, соответствующая настоящему изобретению, может образовывать поясной слой концевой заделки кабеля, описанной в публикации международной патентной заявки N WO 91/16564, полное содержание которой включено в эту заявку в качестве ссылки.

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения заявляется способ изготовления электрически нелинейной композиции, в котором

(а) порошковый наполнитель, содержащий порошок варистора на основе легированного оксида цинка, находящийся под действием силы тяжести, прокаливают и затем измельчают так, чтобы по существу все частицы сохранили свою первоначальную предпочтительно по существу сферическую форму,

(б) порошок просеивают через сито с ячейками размером 125 мкм, и

(в) прокаленный и просеянный порошок диспергируют в качестве наполнителя в полимерной матрице.

Предпочтительно, чтобы операции осуществления способа, наполнитель и композиция были такими, как описано со ссылкой на указанный первый аспект настоящего изобретения.

Теперь на примере со ссылкой на сопроводительные чертежи будут описаны композиция, регулирующая электростатическое напряжение, и концевая заделка электрического силового кабеля, в которой использована композиция, соответствующая настоящему изобретению.

Фиг. 1 и фиг. 2 - сечения двух видов концевых заделок электрического силового кабеля, в которых использована композиция регулирования электростатического напряжения.

Фиг. 3 - диаграмма типового гранулометрического состава порошка наполнителя на основе прокаленного легированного оксида цинка.

Фиг. 4 - диаграмма удельного электросопротивления порошка наполнителя для различных размеров частиц.

Фиг. 5 - диаграмма удельного электросопротивления композиции, показывающая эффект прокаливания наполнителя.

На фиг. 1 показан силовой электрический кабель 2 с полимерной заделкой, по которому проходит электрический ток напряжением 20 кВ. Диэлектрик 4 кабеля оборван для обнажения проводника 6, соединенного с другим электрическим оборудованием (не показано), например, с коммутационным оборудованием, посредством обжимного наконечника 7. Внешняя изолирующая оболочка 8 кабеля обрезана для обнажения проволок 10 защитных оплеток, которые были отогнуты назад при подготовке для соединения с заземлением.

Полупроводниковый защитный экран 12 проходит за оболочку 8, но обрезан так, чтобы обеспечивать концевую заделку вдоль диэлектрика 4 кабеля. Заделку кабеля 2 осуществляли путем нанесения на него слоя 14, регулирующего электростатическое

напряжение, и внешнего термоусадочного изолирующего слоя 16. Слои 14 и 16 перекрывают полупроводниковый защитный экран 12 у конца оболочки 8, проходят вдоль диэлектрика 4 к его обрезанному концу и перекрывают тело наконечника 7. По этой причине слой 14, регулирующий электростатическое напряжение, на одном конце имеет электрический контакт с защитным экраном 12 и имеет электрический потенциал заземления, а на другом конце в процессе работы имеет электрический потенциал 20 кВ проводника 6 и наконечника 7.

Слои 14 и 16 образованы как одна трубка, полученная совместной экструзией, хотя они могут быть образованы и нанесены как отдельные трубки. Также предполагается, что в альтернативной конфигурации слой, регулирующий электростатическое напряжение, будь он получен в трубчатой форме или нет, может быть короче внешнего изолирующего слоя и может выходить из

защитного экрана 12 и обеспечивать заделку вдоль диэлектрика.

На фиг. 2 показан альтернативный вариант заделки электрического кабеля, в котором электрический кабель 20 имеет внешний изолирующий слой 22, заземляющие провода 24, полупроводниковый защитный экран 26 и диэлектрик 28, обрезанный для обнажения проводника 30, к которому посредством обжата присоединен наконечник 32. Прямоугольный лист 34 из материала, регулирующего электростатическое напряжение, обернут один раз вокруг электрического кабеля 20 так, чтобы перекрывать защитный экран 26 и проходить на некоторое расстояние вдоль диэлектрика 28. Изоляционная эластомерная внешняя оболочка 36, которая имеет в общем цилиндрическую внутреннюю часть 38 с множеством юбок 40 изолятора, проходящих из нее, нанесена на электрический кабель 2 так, чтобы проходить вдоль поверх заземляющих проводов 24 на одном конце и поверх наконечника 32 - на другом конце. Оболочка 36 может быть нанесена посредством постепенного выпуска в радиальном направлении на электрический кабель из специального устройства, как описано в публикации N WO 91/16564 международной патентной заявки.

Материал трубки 14, регулирующей электростатическое напряжение, иллюстрируемой на фиг. 1, и листа 34, иллюстрируемого на фиг. 2, содержит электрически нелинейную композицию, регулирующую электростатическое напряжение, соответствующую настоящему изобретению. Материал, применяемый в этих вариантах осуществления, содержит матрицу, содержащую силиконовый эластомер и порошковый наполнитель, содержащий легированный оксид цинка. Легированный оксид цинка содержит приблизительно 90 мас.% оксида цинка и приблизительно $10 \text{ мас.}\% \text{ Bi}_2\text{O}_3 + \text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Sb}_2\text{O}_3 + \text{CO}_2\text{O}_3 + \text{MnO}_3$.

Порошок перед смешиванием с гранулами полимерной матрицы прокаливали в печи при температуре приблизительно 1100°C и подавали в экструдер для получения конечной требуемой формы. Прокаленный наполнитель составлял приблизительно 30 об. % от общей композиции, содержащей наполнитель и полимерную матрицу.

На фиг. 3 показан типовой гранулометрический состав порошка прокаленных частиц легированного оксида цинка после прохождения через сито с размером ячеек 125 мкм, причем очевидно, что в районе размера частиц приблизительно 40 мкм имеет место острый пик, который свидетельствует о том, что большинство частиц имеют размеры в диапазоне от 20 до 60 мкм.

Коммутационная характеристика прокаленных легированных частиц оксида цинка имеет резкое изменение нелинейного удельного сопротивления в функции от напряженности электрического поля (при частоте 50 Гц), как показано на фиг. 4 для трех диапазонов размеров частиц. Кривая I относится к размерам частиц менее 25 мкм, кривая II - к размерам частиц в диапазоне от 25 до 32 мкм, а кривая III - к размерам частиц от 75 до 125 мкм. Очевидно, что точка коммутации имеет место при более высокой

напряженности электрического поля по мере уменьшения размера частиц.

На фиг. 5 приведено сравнение электрической характеристики, в частности, изменения удельного сопротивления композиции материала, регулирующего электростатическое напряжение, в функции от напряженности электрического поля при частоте 50 Гц, причем кривая IV относится к композиции материала, частицы которого были прокалены, а кривая V - к той же композиции материала, но частицы которого не были прокалены. В этих примерах порошок оксида цинка составлял более 35 об.% силиконового эластомера, который образует полимерную матрицу. Очевидно, что коммутационная характеристика не имеет место, даже в электрических полях большой напряженности, в материале, частицы которого не были прокалены, хотя этот материал и обладает нелинейной характеристикой.

Таким образом, композиция регулирования электростатического напряжения, соответствующая настоящему изобретению, имеет значительные преимущества по сравнению с известными материалами регулирования электростатического напряжения.

Формула изобретения:

1. Композиция для регулирования электростатического напряжения, имеющая нелинейную электрическую характеристику и включающая в себя полимерную матрицу и порошковый наполнитель, содержащий порошок варистора на основе оксида цинка, отличающаяся тем, что частицы наполнителя выполнены прокаленными при температуре $800 - 1400^\circ\text{C}$ и затем измельченными и, по существу, все частицы имеют сферическую форму, соответствующую исходной, по меньшей мере, 85 мас.% наполнителя содержат оксид цинка, более 50 мас.% частиц наполнителя имеют максимальный размер 5 - 100 мкм, а удельное сопротивление композиции уменьшается, по меньшей мере, в 10 раз при увеличении электрического поля менее чем на 5 кВ/см в области, в которой диапазон электрического поля составляет 5 - 50 кВ/см, причем наполнитель составляет 5 - 60 об.% от всей композиции.

2. Композиция по п. 1, отличающаяся тем, что все частицы наполнителя имеют максимальный размер менее 100 мкм.

3. Композиция по п.1, отличающаяся тем, что частицы наполнителя имеют максимальный размер предпочтительно менее 125 мкм.

4. Композиция по п. 1 или 2, отличающаяся тем, что не более 15 мас.% частиц наполнителя имеют максимальный размер менее 15 мкм.

5. Композиция по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что частицы наполнителя прокалены при температуре $95 - 1250^\circ\text{C}$, предпочтительно при температуре приблизительно 1100°C .

6. Композиция по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что, по меньшей мере, 90 ас.% наполнителя содержат оксид цинка.

7. Композиция по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что более 50 мас.% частиц наполнителя имеют

максимальный размер 25 - 75 мкм.

8. Композиция по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что наполнитель составляет 10 - 40 об.% от всей композиции.

9. Композиция по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что она образована в слое материала.

10. Сращивание или концевая заделка электрического силового кабеля, имеющая нанесенный на него слой материала, включающий в себя композицию, регулирующую напряжение, выполненную по любому из предыдущих пунктов.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

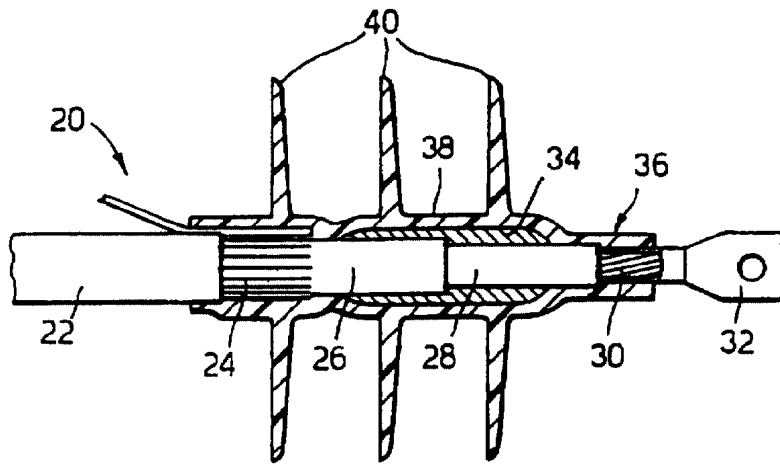
50

55

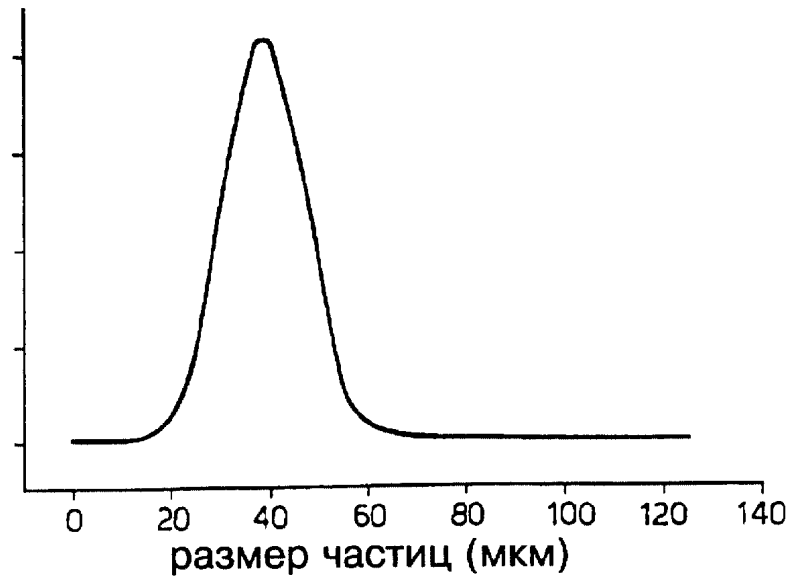
60

RU 2 1 6 8 2 5 2 C 2

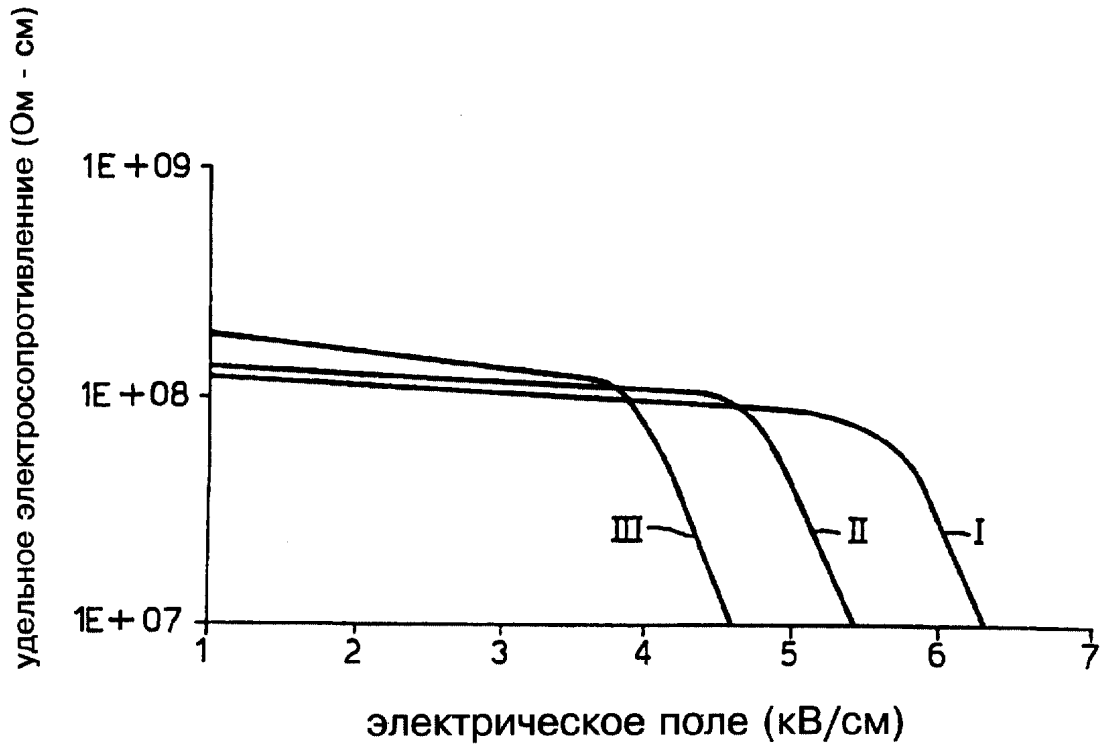
RU 2 1 6 8 2 5 2 C 2



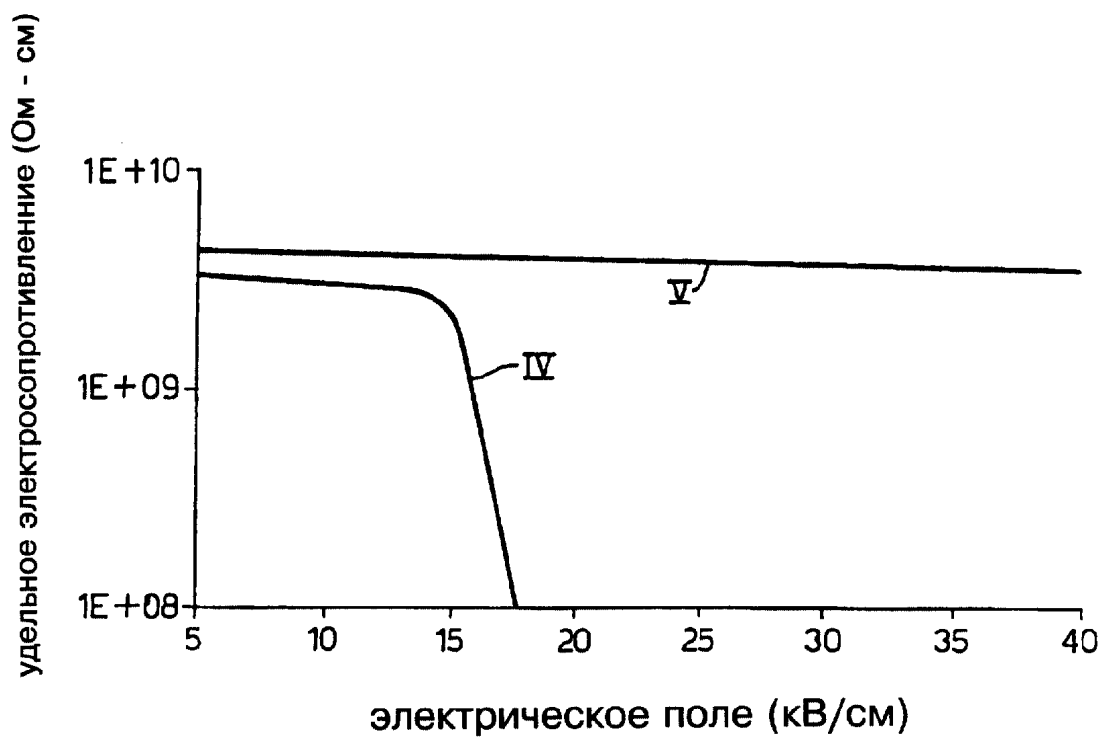
ФИГ. 2



ФИГ. 3



ФИГ. 4



ФИГ. 5