



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H04R 7/14 (2024.01); H04R 31/00 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2024102801, 05.02.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.02.2024Дата регистрации:
14.05.2024

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 05.02.2024

(45) Опубликовано: 14.05.2024 Бюл. № 14

Адрес для переписки:

308015, г.Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", ОИС, Цурикова Наталья Дмитриевна

(72) Автор(ы):

Стригунов Николай Васильевич (RU),
Поплавский Александр Иосифович (RU),
Пиллюк Евгений Александрович (RU),
Галкина Марина Евгеньевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: CN 1402589 A, 12.03.2003. JP 61285896
A, 16.12.1986. JP 58162194 A, 26.09.1983. GB
2056218 B, 01.02.1984. RU 2453071 C1, 10.06.2012.

(54) Способ изготовления диафрагмы веерного типа с алмазоподобным углеродным покрытием

(57) Реферат:

Изобретение относится к области акустики, в частности к способу изготовления излучающей диафрагмы для головки громкоговорителя. Способ включает изготовление из бумаги диафрагмы веерного типа. Диафрагму через центральное отверстие в ней надевают на металлическую оснастку в форме цилиндра и размещают на планетарном механизме вращения в вакуумной камере. В камере создают вакуум не хуже 3×10^{-3} Па и проводят очистку поверхности диафрагмы ускоренными ионами аргона с энергией 500-2000 эВ с помощью газового

ионного источника, далее иницируют импульсный электродуговой разряд на графитовом катоде и получают импульсный поток углеродной плазмы с энергией ионов 40-100 эВ, с помощью которого производят формирование на диафрагме веерного типа алмазоподобного углеродного покрытия. Температуру диафрагмы поддерживают в пределах 300-350 К путем регулирования частоты следования импульсов электродугового разряда 1-10 Гц. Технический результат – расширение диапазона частотной характеристики акустического устройства. 2 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H04R 7/14 (2006.01)
H04R 31/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
H04R 7/14 (2024.01); H04R 31/00 (2024.01)

(21)(22) Application: **2024102801, 05.02.2024**

(24) Effective date for property rights:
05.02.2024

Registration date:
14.05.2024

Priority:

(22) Date of filing: **05.02.2024**

(45) Date of publication: **14.05.2024** Bull. № 14

Mail address:

**308015, g.Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
OIS, Tsurikova Natalya Dmitrievna**

(72) Inventor(s):

**Strigunov Nikolai Vasilevich (RU),
Poplavskii Aleksandr Iosifovich (RU),
Piliuk Evgenii Aleksandrovich (RU),
Galkina Marina Evgenevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Belgorodskii gosudarstvennyi
natsionalnyi issledovatel'skii universitet" (NIU
"BelGU") (RU)**

(54) **METHOD OF MAKING A FAN-TYPE DIAPHRAGM WITH A DIAMOND-LIKE CARBON COATING**

(57) Abstract:

FIELD: acoustics.

SUBSTANCE: invention relates to acoustics, in particular to a method of making a radiating diaphragm for a loudspeaker head. Method involves making a fan-type diaphragm from paper. Diaphragm is put through the central hole in it on the metal tooling in the form of a cylinder and placed on the planetary rotation mechanism in the vacuum chamber. Vacuum of at least 3×10^{-3} Pa is set in the chamber and the surface of the diaphragm is cleaned by accelerated argon ions with

energy of 500–2,000 eV using a gas ion source, then initiating a pulsed electric arc discharge on a graphite cathode and obtaining a pulsed flow of carbon plasma with ion energy of 40–100 eV, with the help of which a diamond-like carbon coating is formed on the fan-type diaphragm. Diaphragm temperature is maintained within 300–350 K by controlling pulse repetition rate of electric arc discharge 1–10 Hz.

EFFECT: wider range of frequency response of the acoustic device.

1 cl, 2 dwg

RU 2 819 098 C1

RU 2 819 098 C1

Изобретение относится к области акустики, в частности, к способу изготовления излучающей диафрагмы для головки громкоговорителя.

Известен способ изготовления радиально изогнутых диафрагм динамика, которые имеют множество тонких сегментов в форме круга, расходящихся наружу от их центра, причем каждый из сегментов имеет дугообразное поперечное сечение (патент СА № 2253530, публ. 1999.05.10). Уникальность этих диафрагм в том, что они изготовлены из поликарбонатного пластика и имеют форму выпуклости к центру для высокочастотных диафрагм или вогнутости к центру для более крупных диафрагм широкого диапазона. Степень вогнутости и ширина сегментов могут изменяться в зависимости от радиального расстояния от центра диафрагмы.

Указанный способ предполагает изготовление диафрагмы динамика достаточно сложной конфигурации, состоящей из нескольких диафрагм, несмотря на то, что каждая из них может использоваться отдельно. Также для установки центральной диафрагмы необходимы дополнительные упоры, либо она может удерживаться с помощью клея и/или механической конструкции корпуса акустического устройства.

Известен также способ создания композитной акустической диафрагмы с алмазоподобным углеродным покрытием (патент CN № 1031740, публ. 1994.10.05), заключающийся в том, что металлическая подложка закрепляется в кольцевой зажим, затем помещается в вакуумную камеру между вспомогательными электродами, далее через впускной патрубок вводится газ (этан, бутан, ацетилен, этиловый эфир, этанол, толуол и другой углеродсодержащий газ или может быть газифицированная углеродсодержащая жидкость под низким давлением, также может быть вышеупомянутый газ и аргон, водород и смешанный неуглеродсодержащий газ), при этом давление в вакуумной камере поддерживается в диапазоне 3-10 Па. Далее производится очистка ионной бомбардировкой с включением высоковольтного источника питания постоянного тока при напряжении в диапазоне 2000-3000 В. Затем производят осаждение покрытия при давлении в вакуумной камере от 10 до 50 Па при напряжении 800-1600 В. Данным способом можно одновременно осуществлять одностороннее осаждение или двустороннее осаждение покрытия, толщиной 0,5-20 мкм. Нанесение покрытия данным способом предполагает использование вредных газов в процессе осаждения покрытия, а также использование ускоряющего потенциала, что ограничивает только металлами материал, используемый для изготовления диафрагмы, и снижает свойства покрытия, вследствие его нагревания.

В работе (Lin C.-R., Liu S.-H., Liou W.-J., Chang C.-K. Improvement in the Frequency Response of Loudspeakers by Using Diamond-Like Carbon Film Coatings // Materials Transactions. - 2011. - V.52. - N.10. - P.1966 - 1971) установлено, что аморфные алмазоподобные углеродные покрытия (DLC), нанесенные на диафрагмы из полиэфиримида (PEI) при низкой температуре с помощью радиочастотного (RF) магнетронного распыления, имеют хорошую адгезию и низкую шероховатость поверхности. Анализ результатов показал, что частотная характеристика диафрагмы с покрытием увеличилась в среднем на 0,2-1,2 дБ. Однако, этот тип громкоговорителей не может иметь акустическую точность воспроизведения на частоте ниже 714,4 Гц (f_0), потому что f_0 увеличивается с увеличением модуля Юнга диафрагмы в процессе распыления.

Наиболее близким техническим решением является способ нанесения алмазоподобной углеродной пленки (патент CN №1402589, публ. 2003.03.12), в частности, способ нанесения алмазоподобного пленочного слоя на диафрагму динамика акустической системы с использованием источника вакуумной катодной дуги и графитовой мишени для генерирования углеродной плазмы. Диафрагму, которая может быть изготовлена

из алюминия, алюминиевого сплава, титана, титанового сплава, бериллия, также с покрытой проводящими материалами поверхностью, имеющую сферическую, круглую кольцевую или плоскую форму, помещают в вакуумную камеру, затем производят очистку поверхности ионами титана в среде газообразного аргона, далее наносят переходные слои титана и карбида титана в среде аргона или смеси аргона с водородом для улучшения адгезии. Затем в среде водорода производят нанесение углеродного алмазоподобного покрытия путем катодного распыления графитовой мишени, при этом подают на подложку напряжение смещения несколько сотен вольт. Толщина покрытия составляет 0,5-1,5 мкм. Изготовленная в вышеуказанных условиях диафрагма, имеет частотную характеристику примерно 18 кГц.

Основным недостатком прототипа является использование дополнительных переходных слоев титана и карбида титана, нанесение которых требует высоких температур, что ограничивает ассортимент материалов, используемых для изготовления диафрагмы, и увеличивает ее массу, а также для реализации данного способа необходимо использование дополнительного электростатического ускорения ионов углеродной плазмы путем приложения к изделию отрицательного потенциала, что не позволяет наносить покрытие на диэлектрические материалы. Кроме того, нанесение покрытия данным способом предполагает напуск газа водорода, что дополнительно снижает свойства получаемых алмазоподобных углеродных покрытий, в частности, с увеличением содержания водорода в покрытии повышается концентрация полимероподобных кластеров, которые понижают твердость покрытия.

В основу настоящего изобретения поставлена задача создания способа изготовления диафрагмы веерного типа с алмазоподобным углеродным покрытием, лишённого недостатков прототипа.

Технический результат - расширение диапазона частотной характеристики акустического устройства.

Задача решается следующим путем: предварительно изготовленную из бумаги диафрагму веерного типа через центральное отверстие в ней надевают на металлическую оснастку в форме цилиндра и размещают на планетарном механизме вращения в вакуумной камере, создают вакуум не хуже 3×10^{-3} Па и проводят очистку поверхности диафрагмы ускоренными ионами аргона с энергией 500-2000 эВ с помощью газового ионного источника, далее инициируют импульсный электродуговой разряд на графитовом катоде и получают импульсный поток углеродной плазмы с энергией ионов 40-100 эВ, с помощью которого производят формирование на диафрагме веерного типа алмазоподобного углеродного покрытия, при этом температуру диафрагмы поддерживают в пределах 300-350 К, путем регулирования частоты следования импульсов электродугового разряда 1-10 Гц.

Новизна и изобретательский уровень предлагаемого изобретения подтверждаются тем, что:

- использование газового ионного и импульсного источника углеродной плазмы обеспечивает очистку поверхности диафрагмы с последующим осаждением алмазоподобного углеродного покрытия без приложения к диафрагме отрицательного ускоряющего потенциала, что позволяет наносить покрытия на диэлектрические материалы, в предлагаемом изобретении на диафрагму, выполненную из бумаги. Толщина покрытия составляет 0,5-1 мкм.

- излучающая диафрагма представляет из себя плоскую рельефную поверхность в виде чередующихся выступов и впадин, образованных в результате гофрирования бумаги марки КМ-080 (ГОСТ 23436-83) - «диафрагма веерного типа», диаметром 25

мм, на которую вакуумно-дуговым методом наносят алмазоподобное углеродное покрытие. Выбор данной марки бумаги обоснован плотностью, высокой прочностью и жесткостью ее массива.

5 Данная конфигурация позволяет достигнуть равномерного распределения жесткости по всей поверхности излучающей диафрагмы, а вследствие этого и равномерного распределения вибронгрузки по всей поверхности звукообразующей диафрагмы при соединении с каркасом звуковой катушки.

10 На поверхность диафрагмы наносят алмазоподобное углеродное покрытие импульсным вакуумно-дуговым методом. Свойства алмазоподобного углеродного покрытия определяются, главным образом, соотношением в аморфной матрице межатомных связей, образованных за счет sp^2 и sp^3 гибридизации, sp^3 -тип связи между атомами углерода характерен для алмаза, sp^2 -тип связи соответствует структуре графита. Покрытия, полученные вышеупомянутым способом, характеризуются высоким
15 содержанием sp^3 -типа связи между атомами углерода, поэтому они характеризуются химической инертностью, высокой механической твердостью, высоким модулем Юнга (порядка 400-600 ГПа) и высокой скоростью распространения звука, что делает перспективным их использование в качестве покрытий на диафрагмах громкоговорителей (Robertson J. Diamond-like amorphous carbon // Material Science
20 Engineering R. - 2002. - V.37. - P. 129-281; Rajak, D.K.; Kumar, A.; Ajit, B.; Menezes, P.L. Diamond-Like Carbon (DLC) Coatings: Classifications, Properties, and Applications // Applied Sciences. - 2021. - 11. - 4445- 4465; Lin C.-R., Liu S.-H., Liou W.-J., Chang C.-K. Improvement in the Frequency Response of Loudspeakers by Using Diamond-Like Carbon Film Coatings // Materials Transactions. - 2011. - V.52. - N.10. - P.1966 - 1971; Inkin V.N., Kirpilenko G.G.,
25 Kolpakov A.J. Internal stresses in ta-C films deposited by pulsed arc discharge method // Diamond and Related Materials. - 2001. - V.10. - P.1103-1108; Lin C.-R., Liu S.-H., Liou W.-J., Chang C.-K. Improvement in the Frequency Response of Loudspeakers by Using Diamond-Like Carbon Film Coatings // Materials Transactions. - 2011. - V.52. - N.10. - P.1966 - 1971).

Предлагаемое изобретение поясняется рисунками.

30 Фиг. 1 - Внешний вид диафрагмы.

Фиг. 2 - Частотные характеристики диафрагмы до и после нанесения алмазоподобного углеродного покрытия.

Пример осуществления изобретения.

35 Сначала изготавливают излучающую диафрагму для головки громкоговорителя, которая представляет собой плоскую рельефную поверхность в виде чередующихся выступов и впадин, образованных в результате гофрирования бумаги («диафрагма веерного типа»), которую закрепляют на металлической оснастке и помещают в вакуумную камеру. Камеру вакуумируют до давления не хуже 3×10^{-3} Па. Производят обработку (очистку) диафрагмы ускоренными ионами газа аргона с помощью газового
40 ионного источника. Затем наносят алмазоподобное углеродное покрытие с использованием импульсного электродугового распыления графитового катода. Углеродная плазма, конденсируясь на поверхности диафрагмы, образует однородную аморфную структуру с высоким содержанием sp^3 -типа связи между атомами углерода, таким образом, формируется покрытие с повышенными механическими свойствами и
45 высокой скоростью распространения звука, что позволяет расширить диапазон частотной характеристики диафрагмы.

Пример

Диафрагму веерного типа закрепили на металлической оснастке и поместили в

вакуумную камеру. Камеру вакуумировали до давления 2×10^{-3} Па. Проводили обработку поверхности ускоренными ионами аргона с помощью ионного источника при следующих параметрах разряда: ток разряда- 80 мА, напряжение разряда- 2500 В, время обработки составляло 3 мин. Потом наносили алмазоподобное углеродное покрытие с использованием импульсного электродугового распыления графитового катода при следующих параметрах: величина емкостного накопителя- 2000 мкФ, напряжение на емкостном накопителе - 300 В, частота следования импульсов - 2 Гц, общее количество импульсов - 3000. Производительность процесса нанесения покрытия составила 0,2 нм/имп. Толщина покрытия составляла 0,6 мкм. Температура подложки не превышала 330 К. После этого диафрагму с покрытием закрепляют на каркасе звуковой катушки с использованием клея БФ-2. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) громкоговорителя с диафрагмой веерного типа была измерена при помощи usb микрофона USB RTA Meter с встроенным прецизионным аналого-цифровым преобразователем и усилителем низкой частоты. Используемый в микрофоне всенаправленный электретный микрофонный капсюль имеет линейную АЧХ, что сводит к минимуму разброс характеристик. В качестве источника сигнала использовался генератор Актаком АНР-1003, и в режиме качания частоты в диапазоне 3,8 кГц - 18 кГц снимают частотные характеристики диафрагмы.

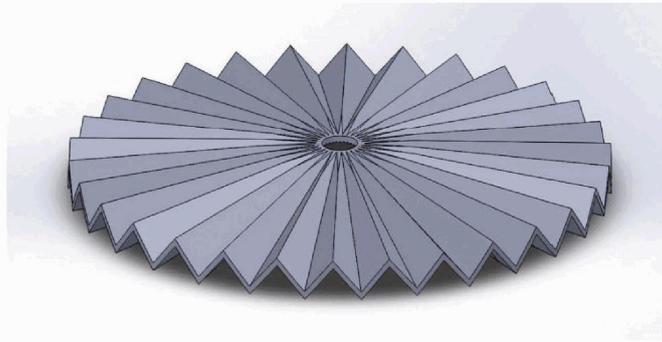
Результаты измерений показали, что нанесение алмазоподобного углеродного покрытия на диафрагму веерного типа позволило расширить частотный диапазон в области высоких частот с 12 кГц до 18 кГц по уровню ± 3 дБ по сравнению с диафрагмой без покрытия.

Частотные характеристики диафрагмы до и после нанесения алмазоподобного углеродного покрытия приведены на фиг. 2.

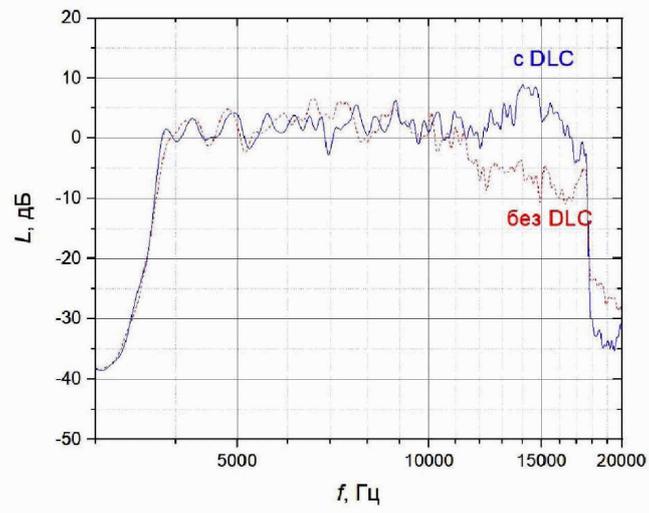
Таким образом, поставленная задача решена, предложенный способ позволяет наносить алмазоподобное углеродное покрытие при низких температурах осаждения на диэлектрические материалы, а именно на бумажную диафрагму веерного типа, конфигурация которой позволяет равномерно распределять жесткость по всей ее поверхности и расширяет частотный диапазон в области высоких частот с 12 кГц до 18 кГц по уровню ± 3 дБ по сравнению с диафрагмой без покрытия.

(57) Формула изобретения

Способ изготовления диафрагмы веерного типа с алмазоподобным углеродным покрытием, включающий предварительную очистку поверхности диафрагмы ускоренными ионами и нанесение алмазоподобного углеродного покрытия, отличающийся тем, что предварительно изготовленную из бумаги диафрагму веерного типа через центральное отверстие в ней надевают на металлическую оснастку в форме цилиндра и размещают на планетарном механизме вращения в вакуумной камере, создают вакуум не хуже 3×10^{-3} Па и проводят очистку поверхности диафрагмы ускоренными ионами аргона с энергией 500-2000 эВ с помощью газового ионного источника, далее инициируют импульсный электродуговой разряд на графитовом катоде и получают импульсный поток углеродной плазмы с энергией ионов 40-100 эВ, с помощью которого производят формирование на диафрагме веерного типа алмазоподобного углеродного покрытия, при этом температуру диафрагмы поддерживают в пределах 300-350 К путем регулирования частоты следования импульсов электродугового разряда 1-10 Гц.



Фиг. 1



Фиг. 2