



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
G01R 31/12 (2017.08); G01R 31/28 (2017.08)

(21)(22) Заявка: 2016150290, 21.12.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.12.2016

Дата регистрации:
12.02.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 21.12.2016

(45) Опубликовано: 12.02.2018 Бюл. № 5

Адрес для переписки:
634055, г. Томск, пр. Академический, 2/3,
Институт сильноточной электроники СО РАН,
зам. директора по НР ИСЭ СО РАН
Турчановскому И.Ю.

(72) Автор(ы):

Батраков Александр Владимирович (RU),
Попов Сергей Анатольевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт сильноточной
электроники Сибирского отделения
Российской академии наук, (ИСЭ СО РАН)
(RU)

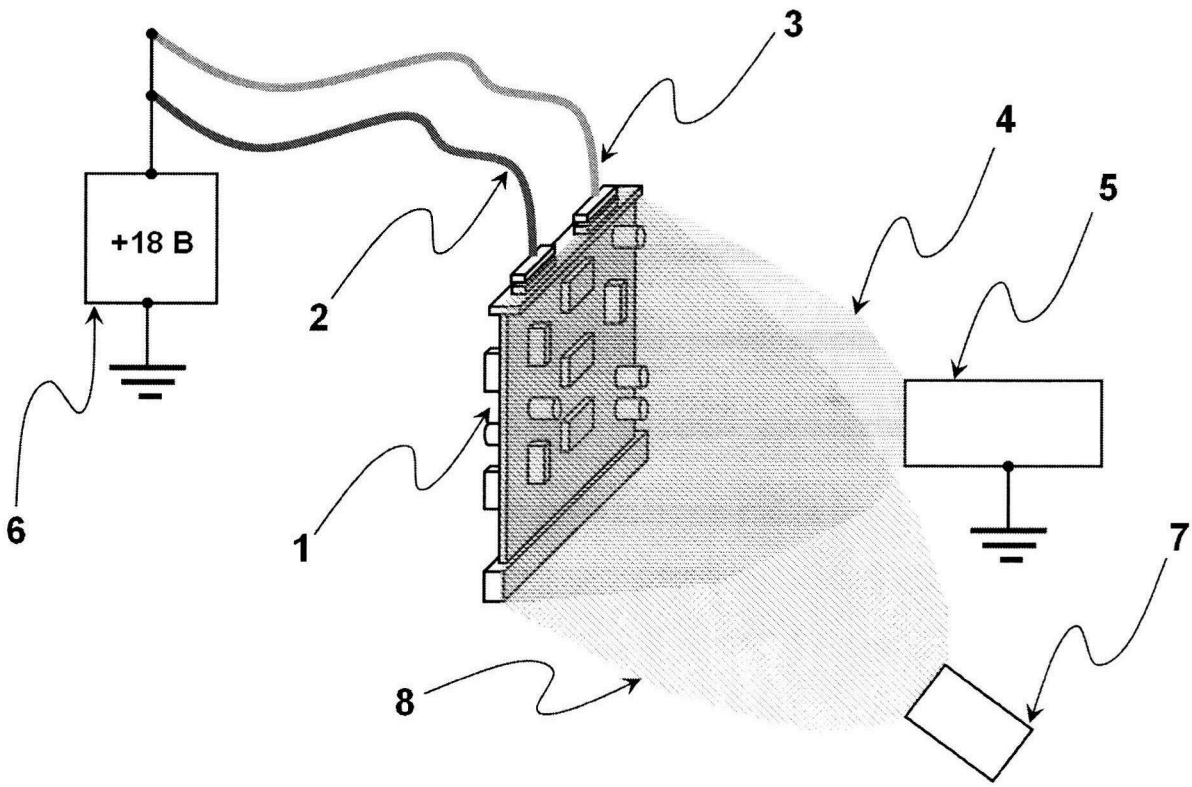
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2539964 C1, 27.01.2015. RU
2157545 C1, 10.10.2000. RU 2138830 C1,
27.09.1999. EP 599046 A2, 01.06.1994. US
20160091553 A1, 31.03.2016. US 20080170344
A1, 17.07.2008.

(54) СПОСОБ ИСПЫТАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА СТОЙКОСТЬ К ВТОРИЧНОМУ ДУГООБРАЗОВАНИЮ

(57) Реферат:

Изобретение относится к технике испытаний и может быть использовано при наземной экспериментальной отработке и при приемочных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на стойкость к инициированию вторичной дуги при работе аппаратуры на напряжениях, превышающих падение потенциала на дуге, в условиях имитации космического пространства, включая плазменное окружение, имитирующее плазму первичного разряда. Техническим результатом данного изобретения является устранение сквозных дефектов сплошности защитного покрытия путем восстановления полимерного покрытия на токоведущих проводниках испытываемой аппаратуры, что ведет к снижению риска повреждения радиоэлектронной аппаратуры в процессе испытания при сохранении достоверности испытаний. Способ испытания

радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на стойкость к вторичному дугообразованию заключается в воздействии плазмой, имитирующей плазму первичного разряда, на испытываемую аппаратуру в активном (рабочем) состоянии под напряжением, превышающим падение потенциала на дуге. Для достижения технического результата непосредственно перед испытанием работающей аппаратуры в плазменном окружении и в едином цикле с испытанием выполняется процедура осаждения полимера в местах нарушения защитного полимерного покрытия, при этом для осаждения полимера используется тот же источник плазмы, который используется для формирования плазменного окружения, имитирующего плазму первичного разряда. 3 з.п. ф-лы, 2 ил.



Фиг. 1

RU 264455 C1

RU 264455 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
G01R 31/12 (2006.01)
G01R 31/28 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
G01R 31/12 (2017.08); G01R 31/28 (2017.08)

(21)(22) Application: **2016150290, 21.12.2016**

(24) Effective date for property rights:
21.12.2016

Registration date:
12.02.2018

Priority:

(22) Date of filing: **21.12.2016**

(45) Date of publication: **12.02.2018 Bull. № 5**

Mail address:

**634055, g. Tomsk, pr. Akademicheskij, 2/3, Institut
silnotochnoj elektroniki SO RAN, zam. direktora
po NR ISE SO RAN Turchanovskomu I.YU.**

(72) Inventor(s):

**Batnikov Aleksandr Vladimirovich (RU),
Popov Sergej Anatolevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe
uchrezhdenie nauki Institut silnotochnoj
elektroniki Sibirskogo otdeleniya Rossijskoj
akademii nauk, (ISE SO RAN) (RU)**

(54) **METHOD OF TESTING RADIOELECTRONIC EQUIPMENT OF SPACECRAFTS FOR RESISTANCE TO SECONDARY ARCFORMATION**

(57) Abstract:

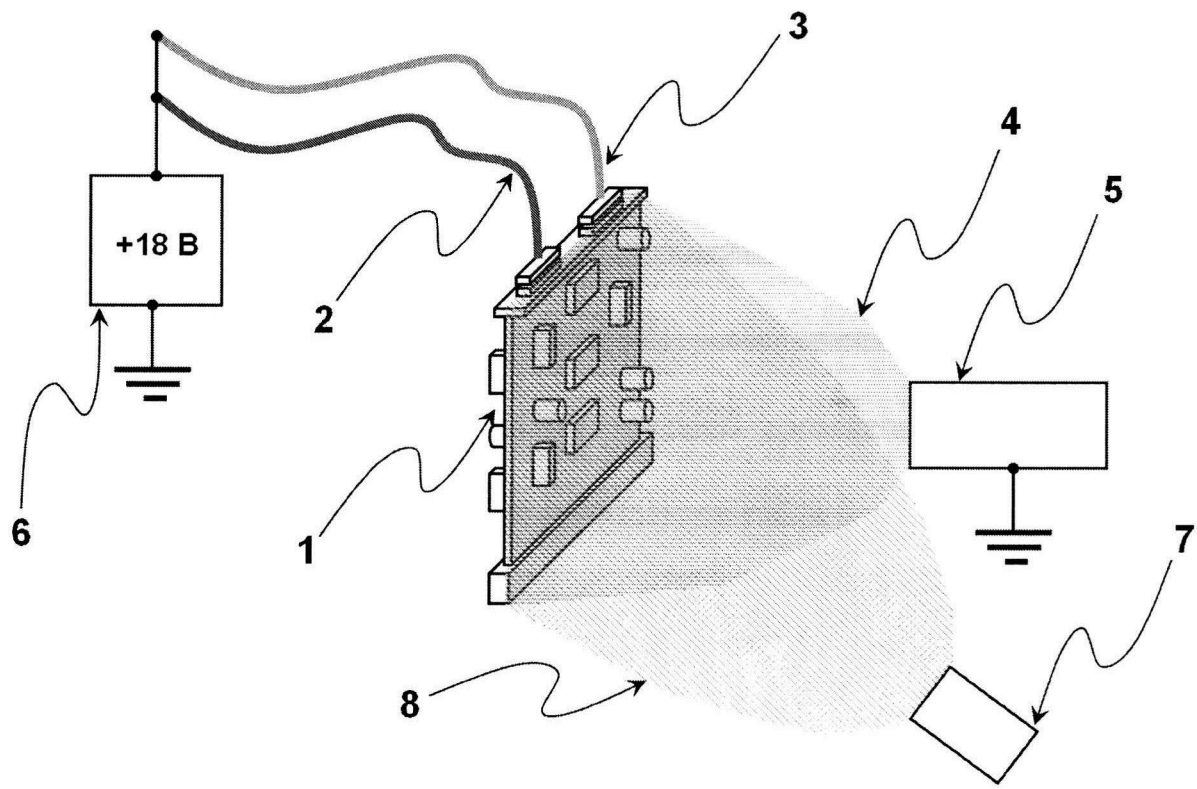
FIELD: radio engineering, communication.

SUBSTANCE: invention can be used in land-based experimental simulate and with acceptance testing electronics spacecraft on resistance to initiation of secondary arc when operating equipment at voltages excess capacity drop on the arc, in conditions simulating outer space, including the plasma environment that imitates the primary plasma discharge. The method for testing the radioelectronic device of spacecrafts for resistance to secondary arc formation consists in the action of plasma, simulating the primary discharge plasma on the test equipment in the active (working) state at a voltage exceeding the potential drop on the arc. Immediately before the test of the running

equipment in plasma and in a single loop with test procedure runs polymer deposition in places of violations of protective polymer coating, deposition of polymer using same source plasma, which is used to generate a plasma environment simulated primary plasma discharge.

EFFECT: elimination of end-to-end defects in the continuity of the protective coating by restoring the polymer coating on live conductors of the equipment under test, which reduces the risk of damage to electronic equipment during the test while maintaining the reliability of the tests.

4 cl, 2 dwg



Фиг. 1

Изобретение относится к технике испытаний и может быть использовано при наземной экспериментальной отработке и при приемочных испытаниях радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов.

5 Известен способ испытания радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на стойкость к электростатическим разрядам [1], основанный на имитации одного из условий космического пространства, радиационного воздействия, перед испытанием на стойкость к электростатическим разрядам. Такой подход позволяет повысить достоверность результатов испытания в электронных схемах радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов.

10 Недостатком данного способа является невозможность выявить дефекты радиоэлектронной аппаратуры, не связанные с радиационным воздействием, но способные приводить к снижению стойкости радиоэлектронной аппаратуры к электростатическим разрядам, следствием чего возможно вторичное дугообразование.

15 Известен способ испытания элементов радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на стойкость к дугообразованию [2]. Способ основан на иницировании первичного дугового разряда и воздействии плазмой этого разряда на испытываемый элемент с целью определения его стойкости к иницированию вторичной дуги.

20 Недостатком данного способа является риск выхода из строя объекта испытания в случае, если способ применяется не к конструктивным элементам аппаратуры, а к работоспособной радиоэлектронной аппаратуре, в том числе и к не обладающей достаточной стойкостью к дугообразованию. Это связано с наличием дефектов, снижающих электрическую прочность.

Иницирование дугового разряда в изолирующих промежутках происходит в результате электрического пробоя. Для пробоя вакуумных промежутков требуются 25 электрические поля свыше 100 кВ/см, что при уровне напряжений 100 В, используемых в системах электропитания космических аппаратов, может возникнуть в промежутках длиной менее 10 мкм. Изолирующие промежутки столь малой длины не используются в конструкции радиоэлектронной аппаратуры. Поэтому проблема дугообразования в аппаратуре космического аппарата стоит наиболее остро в начальный период 30 эксплуатации аппарата, в процессе его выведения на орбиту и обезгаживания на орбите. В этот период условия изоляции внутри аппарата не являются вакуумными и возможно иницирование дуги по механизму пробоя газонаполненного промежутка, описываемому законом Пашена. Напряжение пробоя понижается при наличии мест контакта металл-диэлектрик-газ низкого давления, и для предотвращения пробоя платы радиоэлектронной аппаратуры после установки электрорадиоизделий покрываются 35 защитной полимерной пленкой на основе эпоксидных смол, полиуретана или парилена.

Перед установкой в космический аппарат радиоэлектронная аппаратура испытывается в работающем состоянии, в том числе на устойчивость к электростатическим разрядам (ISO 11221: 2011 «Системы космические. Космические 40 солнечные панели. Космический аппарат, заряжаемый индуцированным электростатическим разрядом. Методы испытаний»), при имитации условий эксплуатации аппарата, включая диапазон давлений, соответствующий выведению аппарата от стартовой площадки до орбиты, и наличие плазмы первичного электростатического разряда. Однако при наличии сквозных дефектов сплошности защитного диэлектрического покрытия существует риск иницирования дугового разряда, следствием которого может быть выход испытываемой аппаратуры из строя.

Задачей заявляемого технического решения является снижение риска повреждения радиоэлектронной аппаратуры в процессе ее испытания в плазме на стойкость к

дугообразованию при рабочих напряжениях, превышающих падение потенциала на дуге и сохранение достоверности испытаний.

Техническим результатом данного изобретения является устранение сквозных дефектов сплошности защитного покрытия путем восстановления полимерного покрытия на токоведущих проводниках испытываемой аппаратуры.

Указанный технический результат достигается за счет того, что непосредственно перед испытанием работающей аппаратуры в плазменном окружении при рабочих напряжениях, превышающих падение потенциала на дуге, и в едином цикле с испытанием выполняется процедура восстановления полимера на поверхности сквозных дефектов сплошности защитного полимерного покрытия. С этой целью на аппаратуру в неактивном (нерабочем) состоянии воздействуют одновременно плазмой и реакционным газом, состоящим из двух или более компонентов, один или более из которых способен полимеризоваться в плазме, при этом аппаратура находится под положительным потенциалом смещения относительно потенциала плазмы, и по абсолютной величине не превышающим падение потенциала на дуге.

Используемый реакционный газ состоит из инертного газа и мономера или димера в газообразном состоянии.

Кроме того, при воздействии плазмы на испытываемую аппаратуру, находящуюся в неактивном состоянии, потенциал смещения аппаратуры относительно потенциала плазмы по абсолютной величине превышает первый потенциал ионизации атомов инертного газа.

Для восстановления полимера используется тот же источник плазмы, который используется для формирования плазменного окружения, имитирующего плазму первичного разряда.

Техническая сущность изобретения заключается в следующем. Перед тем как радиоэлектронная аппаратура испытывается при рабочих напряжениях, превышающих падение потенциала на дуге, на стойкость к дугообразованию путем воздействия плазмой, имитирующей плазму первичного разряда, испытываемая аппаратура подвергается воздействию этой же плазмой, но в неактивном состоянии. Такое воздействие не является опасным для аппаратуры, но не производит какого-либо эффекта. Для достижения положительного эффекта при воздействии плазмой на радиоэлектронную аппаратуру в неактивном состоянии формируется поток реакционного газа, состоящего из инертного газа и мономера или димера, способного полимеризоваться под воздействием плазмы, и этот поток направляется на аппаратуру.

Если при этом на испытываемую аппаратуру подать напряжение смещения положительной полярности относительно плазмы, превышающее по абсолютной величине первый потенциал ионизации инертного газа, то в местах нарушения защитного полимерного покрытия на токоведущих проводниках аппаратуры будет зажигаться несамостоятельный тлеющий разряд, не переходящий в дугу из-за недостаточности высокого для зажигания дуги напряжения. Катодом тлеющего разряда в данном случае является вся рабочая камера, заполненная плазмой, а анодом - токоведущие проводники испытываемой аппаратуры, непокрытые защитной пленкой. Поскольку площадь катода многократно больше площади анода, свечение разряда будет сосредоточено в местах нарушения полимерного покрытия на токоведущих проводниках испытываемой аппаратуры. За счет плазмохимических реакций на поверхностях, соприкасающихся с плазмой, будет происходить полимеризация мономера или димера [3], причем, наиболее интенсивно этот процесс будет происходить в местах более высокой концентрации плазмы, то есть в местах нарушения полимерного покрытия. Как только все открытые

токоведущие места испытываемой аппаратуры становятся покрытыми полимерной пленкой, горение несамостоятельного тлеющего разряда прекращается, что сопровождается погасанием анодного свечения и служит индикатором готовности испытываемой аппаратуры к испытаниям на устойчивость к дугообразованию в активном состоянии.

Указанный способ может быть реализован с использованием схем, представленных на Фиг. 1 и Фиг. 2.

Для воздействия плазмой на аппаратуру в неактивном состоянии в соответствии со схемой на Фиг. 1 испытываемый модуль радиоэлектронной аппаратуры 1, к которому подключен кабель входных цепей 2 и кабель выходных цепей 3, помещен в атмосферу аргона давлением 100 Па, в которой осуществляется испытание модуля на устойчивость к дугообразованию в плазме 4, создаваемой источником плазмы 5. Перед проведением испытаний кабели 2 и 3 соединяются таким образом, что все проводники кабелей 2 и 3 объединены в одну точку и подключены к источнику 6 напряжения смещения +18 В. Такое напряжение выше первого потенциала ионизации аргона +15,8 В, но ниже падения потенциала на дуговом разряде, превышающем 20 В для дуги с холодным катодом. За счет существования плазмы 4 вокруг испытываемой аппаратуры 1 при наличии места оголения токоведущих проводников аппаратуры 1 в местах оголения зажигается несамостоятельный газовый разряд. При обнаружении такого разряда создается поток реакционного газа 8, направленный в сторону испытываемой аппаратуры 1, с использованием источника 7. Реакционный газ состоит из ди-пара-ксилелена и аргона. В местах горения несамостоятельного газового разряда на поверхности оголенных токоведущих проводников происходит осаждение поли-пара-ксилелена за счет плазмохимической реакции. В результате роста пленки поли-пара-ксилелена в течение промежутка времени в несколько минут происходит погасание несамостоятельного разряда. Отсутствие самостоятельного разряда при напряжении смещения +18 В испытываемой аппаратуры 1 в плазме 4 является основанием для выполнения испытаний на устойчивость к дугообразованию при рабочих напряжениях уровня 100 В в соответствии со схемой на Фиг. 2. С этой целью кабель входных цепей 2 подключается к имитатору входных цепей 9, кабель выходных цепей подключается к имитатору выходных цепей 10, и аппаратура 1 переводится в активное состояние при рабочих напряжениях в плазменном окружении 4, создаваемом источником плазмы 5. При этом отсутствие оголенных токоведущих частей аппаратуры 1, доступных для окружающей плазмы 4, гарантирует отсутствие инициирования дуги вследствие существования сквозных дефектов сплошности защитного полимерного покрытия.

Источники информации

1. Анисимов А.В., Новоселов Ю.И. Способ испытания радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на стойкость к электростатическим разрядам // Патент РФ (19) RU (11) 2157545 (13) C1 (51), МПК G01R 31/28, G05F 1/56. - Заявл. 12.11.1999. - Оpubл. 10.10.2000.

2. Батраков А.В., Карлик К.В., Попов С.А. Способ определения стойкости к дугообразованию элементов радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов // Патент РФ (19) RU (11) 2539964 (13) C1 (51), МПК G01R 31/28, H01J 37/00. - Заявл. 08.08.2013. - Оpubл. 27.01.2015.

3. В. Ширшова, А. Избушкин, Е. Фомченко. Полипара-ксилеленовые покрытия в технологии РЭА. Состояние, перспективы // Печатный монтаж. - 2010. - №1. - стр. 22-27.

(57) Формула изобретения

1. Способ испытания радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов на стойкость к вторичному дугообразованию, при котором осуществляется воздействие плазмой, имитирующей плазму первичного разряда, на испытываемую аппаратуру в активном (рабочем) состоянии под напряжением, превышающим падение потенциала на дуге, отличающийся тем, что непосредственно перед испытанием аппаратуры в активном состоянии осуществляют воздействие на аппаратуру в неактивном (нерабочем) состоянии одновременно плазмой и реакционным газом, включающим, по крайней мере, один газообразный компонент, способный полимеризоваться в плазме, при этом аппаратура находится под положительным потенциалом смещения относительно потенциала плазмы, и по абсолютной величине не превышающим падение потенциала на дуге.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что реакционный газ состоит из инертного газа и мономера или димера в газообразном состоянии.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что при воздействии плазмы на испытываемую аппаратуру, находящуюся в неактивном состоянии, потенциал смещения аппаратуры относительно потенциала плазмы по абсолютной величине превышает первый потенциал ионизации молекул, по крайней мере, одного из компонентов реакционного газа.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что воздействие на испытываемую аппаратуру в активном и неактивном состоянии осуществляют плазмой в едином цикле от одного источника плазмы.

25

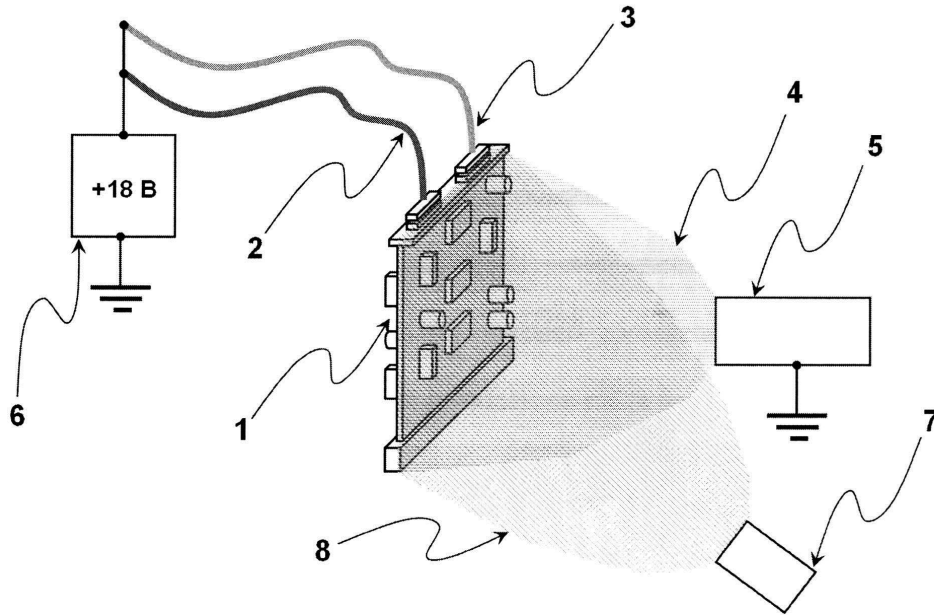
30

35

40

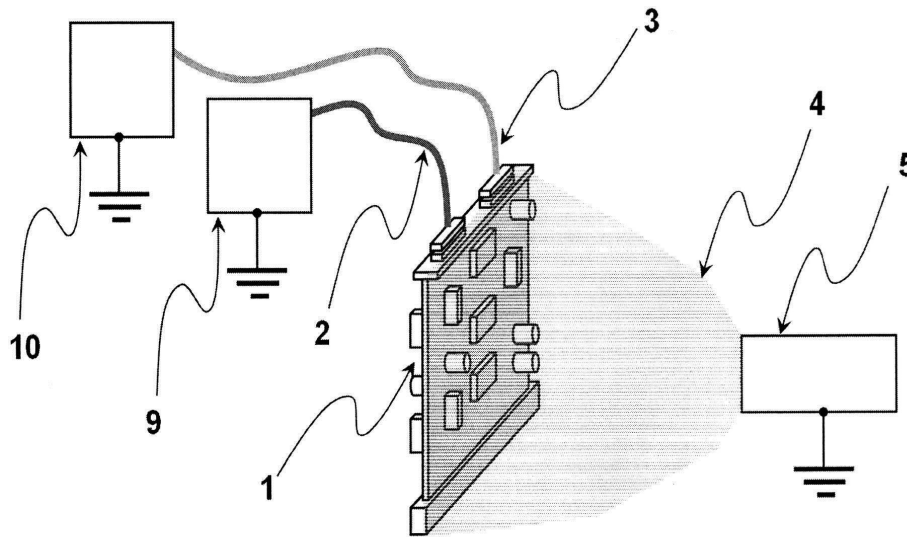
45

**СПОСОБ ИСПЫТАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА СТОЙКОСТЬ К
ВТОРИЧНОМУ ДУГООБРАЗОВАНИЮ**



Фиг. 1.

**СПОСОБ ИСПЫТАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА СТОЙКОСТЬ К
ВТОРИЧНОМУ ДУГООБРАЗОВАНИЮ**



Фиг. 2.