



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014113016/08, 03.04.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
03.04.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 03.04.2014

(45) Опубликовано: 10.06.2015 Бюл. № 16

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2113052 C1, 10.06.1998, (см. прод.)

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.
Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им.
академ. Е.И. Забабахина", Отд. интел. соб. ти
К.Б. Кацману ,а/я 245

(72) Автор(ы):

Столбиков Михаил Юрьевич (RU),
Власов Андрей Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное
предприятие "РОССИЙСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР-
ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ
АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСОВ ТОРМОЗНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Реферат:

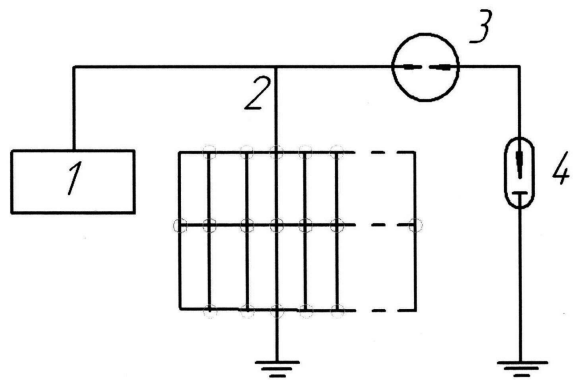
Изобретение относится к импульсной высоковольтной технике и может быть использовано в импульсном рентгеновском ускорителе прямого действия. Технический результат - формирование серии последовательности импульсов тормозного излучения с минимальным размером фокусного пятна для регистрации быстротекающих процессов. Устройство для формирования импульсов тормозного излучения содержит генератор с индуктивным накопителем и электровзрывающимися последовательно соединенными проводниками разного диаметра, ускорительную трубку с вакуумным диодом с «обращенным» катодом, обостряющий разрядник, при этом диаметр d_i и длина l_i электровзрывающихся проводников 2

определяются по формулам: $d_i = \sqrt[4]{\frac{W}{2 \cdot 10^9 \cdot \rho}}$,

где d_i - диаметр электровзрывающегося проводника; W - энергия, запасенная в генераторе; ρ - волновое сопротивление разрядного контура;

$$\rho \cdot \sum_{i=1}^n k \leq \sum_{i=1}^n \gamma \cdot \frac{l_i}{S_i} \leq 2 \cdot \rho, \text{ где } l_i - \text{длина}$$

последовательно включенных электровзрывающихся проводников; S_i - площадь их поперечного сечения, γ - удельное электрическое сопротивление; ρ - волновое сопротивление разрядного контура; $k \geq 0,03$ - эмпирически определенный коэффициент пропорциональности. 1 з.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1

(56) (продолжение):

RU 2494416 C2, 27.09.2013, RU 2445647 C2, 20.03.2012

RU 2553088 C1

RU 2553088 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014113016/08, 03.04.2014

(24) Effective date for property rights:
03.04.2014

Priority:

(22) Date of filing: 03.04.2014

(45) Date of publication: 10.06.2015 Bull. № 16

Mail address:

456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.
Vasil'eva, 13, FGUP "RFJaTs-VNIITF im. akadem.
E.I.Zababakhina", Otd.intel.sob-ti K.B.Katsmanu ,a/
ja 245

(72) Inventor(s):

Stolbikov Mikhail Jur'evich (RU),
Vlasov Andrej Nikolaevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatje "ROSSIJSKIJ FEDERAL'NYJ
JaDERNYJ TsENTR-VSEROSSIJSKIJ
NAUCHNO-ISSLEDOVATEL'SKIJ INSTITUT
TEKhNICHESKOJ FIZIKI IMENI
AKADEMIKA E.I. ZABABAKHINA" (RU)

(54) **BRAKING RADIATION PULSE SHAPING DEVICE**

(57) Abstract:

FIELD: electricity.

SUBSTANCE: braking radiation pulse shaping device contains the generator with the inductive storage and the electrically fused series connected conductors with different diameters, the accelerating tube with the vacuum diode with the "inversed" cathode, the attenuating discharger, the diameter d_i and the length l_i of the electrically fused conductors 2 are determined

by the formulas: $d_i = \sqrt{\frac{W}{2 * 10^9 * \rho}}$, where d_i - is

the diameter of the electrically fused conductor; W - the power stored in the generator; ρ - wave resistance

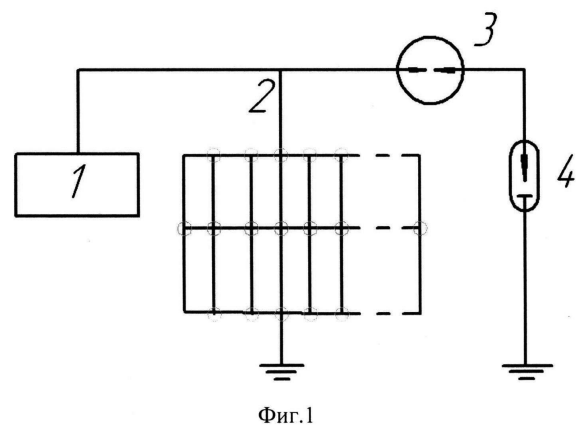
of discharge loop; $\rho * \sum_{i=1}^n k \leq \sum_{i=1}^n \gamma \frac{l_i}{S_i} \leq 2 * \rho$,

where l_i - length of series connected electrically fused conductors; S_i - area of their cross section, γ - specific

electric resistance; ρ - wave resistance of discharge loop; $k \geq 0.03$ - empirically found proportionality coefficient.

EFFECT: shaping of a series of sequence of brake radiation impulses with the minimum size of a focal spot for registration of fast processes.

2 cl, 4 dwg



RU 2 553 088 C1

RU 2 553 088 C1

Изобретение относится к импульсной высоковольтной технике, в частности к формированию импульсов в ускорительной трубке, и может быть использовано в импульсном рентгеновском ускорителе прямого действия с электровзрывающимися проводниками для получения последовательных высокоинтенсивных вспышек тормозного излучения для регистрации быстропротекающих процессов в оптически плотных средах.

Известно устройство для осуществления способа формирования одиночных импульсов тормозного излучения для регистрации быстропротекающих процессов на рентгенографических установках, описанное в статье К.Ф. Зелинского, И.А. Трошкина, В.А. Цукермана «Двухэлектродная импульсная рентгеновская трубка», ПТЭ, 1963 г., №2, с.140, состоящее из анода, катода, токоввода, соединенного с анодом, выходного окна и изоляционного корпуса.

К недостатку описанного устройства следует отнести неспособность генерировать серию последовательных импульсов тормозного излучения, необходимых для получения динамических данных о развитии быстропротекающих процессов.

Наиболее близким и взятым в качестве прототипа является устройство, описанное в патенте РФ №2113052, МПК H03K 3/53 под названием «Способ формирования импульса тормозного излучения сложной формы и устройство для его реализации», содержащее генератор импульсных напряжений на электровзрывающихся проводниках, обостряющий разрядник и ускорительную трубку.

Недостатками описанного устройства являются:

- фокусное пятно излучения, генерируемого в ускорительной трубке с "прямым" катодом, обладает большими размерами (более 20 мм в обоих направлениях), что неприемлемо для рентгенографирования быстропротекающих процессов, так как одним из основных требований, предъявляемых к источнику излучения, является минимальный размер фокусного пятна излучения;
- нестабильность положения фокуса излучения на аноде (мишени);
- большие размеры и сложность конструкции (для размещения двух генераторов импульсных напряжений на электровзрывающихся проводниках необходима большая площадь помещения).

Задачей заявляемого изобретения является создание устройства для формирования серии последовательных импульсов тормозного излучения с минимальным размером фокусного пятна для регистрации быстропротекающих процессов.

Технический результат, который позволяет решить поставленную задачу, заключается в том, что предложенные соотношения определяют параметры электровзрывающихся проводников для получения серии последовательных высоковольтных импульсов в ускорителе прямого действия с "обращенным" катодом в ускорительной трубке для формирования в диоде ускорительной трубки серии последовательных импульсов тормозного излучения, позволяющих регистрировать быстропротекающие процессы.

Это достигается тем, что в устройстве, содержащем генератор импульсных напряжений на электровзрывающихся проводниках, обостряющий разрядник и ускорительную трубку, согласно изобретению, ускорительная трубка снабжена вакуумным диодом с «обращенным» катодом, электровзрывающиеся проводники выполнены с разным диаметром и соединены последовательно, при этом длина и диаметр взрывающихся проводников определяются по следующим формулам:

$$d_i = \sqrt[4]{\frac{W}{2 * 10^9 * \rho}}, \text{ где}$$

d_i - диаметр электровзрывающегося проводника;

W - энергия, запасенная в генераторе;

ρ - волновое сопротивление разрядного контура.

$$5 \quad \rho * \sum_{i=1}^n k \leq \sum_{i=1}^n \gamma \frac{l_i}{S_i} \leq 2 * \rho, \text{ где}$$

l_i - длина последовательно включенных электровзрывающихся проводников;

S_i - площадь поперечного сечения последовательно включенных

10 электровзрывающихся проводников;

γ - удельное электрическое сопротивление;

ρ - волновое сопротивление разрядного контура;

$k \geq 0,03$ - эмпирически определенный коэффициент пропорциональности.

Кроме того, генератор с индуктивным накопителем собран по схеме Аркадьева-
15 Маркса.

Наличие в заявляемом изобретении признаков, отличающих его от прототипа, позволяет считать его соответствующим условию «новизна».

Новые признаки (а именно, что ускорительная трубка снабжена вакуумным диодом с «обращенным» катодом, при этом параметры взрывающихся проводников, длина и
20 диаметр, определяются по формулам:

$$d_i = \sqrt{\frac{W}{2 * 10^9 * \rho}}, \text{ где}$$

d_i - диаметр электровзрывающегося проводника;

25 W - энергия, запасенная в генераторе;

ρ - волновое сопротивление разрядного контура.

$$\rho * \sum_{i=1}^n k \leq \sum_{i=1}^n \gamma \frac{l_i}{S_i} \leq 2 * \rho, \text{ где}$$

30 l_i - длина последовательно включенных электровзрывающихся проводников;

S_i - площадь поперечного сечения последовательно включенных

электровзрывающихся проводников;

γ - удельное электрическое сопротивление;

ρ - волновое сопротивление разрядного контура;

35 $k \geq 0,03$ - эмпирически определенный коэффициент пропорциональности) не выявлены в технических решениях аналогичного назначения. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

Изобретение проиллюстрировано на следующих чертежах.

На фиг.1 представлена схема устройства для формирования импульса тормозного
40 излучения.

На фиг.2 приведены характерные осциллограммы режима генерации двух последовательных импульсов тормозного излучения.

На фиг.3 приведена рентгенограмма статического положения модельной сборки для примера конкретного выполнения предлагаемого устройства.

45 На фиг.4 приведена рентгенограмма взрывного эксперимента по двухкадровой регистрации разлета стальной пластины 9.

На чертежах введены следующие обозначения:

1 - генератор импульсных напряжений;

- 2 - взрывающиеся проводники;
- 3 - обостряющий разрядник;
- 4 - ускорительная трубка;
- 5 - импульсы тормозного излучения;
- 6 - ток через ускорительную трубку
- 7 - напряжение на ускорительной трубке
- 8 - ток через электровзрывные проводники
- 9 - стальная пластина;
- 10 - пенопластовые пластины;
- 11 - фольга свинцовая;
- 12, 13 - слои взрывчатого вещества.

Устройство работает следующим образом.

При срабатывании генератора импульсных напряжений 1 происходит последовательный взрыв проводников 2 различного диаметра и длины, вычисленных из предложенных зависимостей, общим током, протекающим через них, генерируя при этом серию высоковольтных импульсов. Последовательные высоковольтные импульсы через обостряющий разрядник 3 коммутируются в ускорительную трубку 4, где в результате пробоя вакуумного диода формируется серия последовательных импульсов тормозного излучения. Использование принципа "обращенного" катода в диоде ускорительной трубки позволяет получить минимальный размер фокусного пятна излучения.

Расчет параметров электровзрывающихся проводников проводился с использованием исходя из критериев получения максимального значения мощности для ускорителей с электровзрывом проводников, сформулированных в монографии «Импульсные ускорители электронов с индуктивным накопителем энергии» под ред. В.П. Ковалева, Снежинск, 2012 г.

Пример конкретного выполнения.

Изобретение реализовано на рентгенографическом ускорителе ИГУР-3,5. Основными частями ускорителя являются: индуктивно-емкостной накопитель энергии (ИЕНЭ), состоящий из генератора импульсных напряжений 1, собранного по схеме Аркадьева-Маркса, и индуктивного накопителя энергии, узел взрыва электровзрывающихся проводников 2, обостряющий разрядник 3 и ускорительная трубка 4 с вакуумным диодом, состоящим из катодного кольца и анодного стержня (принцип "обращенного" катода). Использование "обращенного" катода в диоде ускорительной трубки позволяет получить минимальный размер фокусного пятна излучения, равный диаметру анодного стержня.

Индуктивный накопитель энергии, узел взрыва проводников 2 и обостряющий разрядник 3 образуют систему формирования импульса. При срабатывании генератора импульсных напряжений 1 происходит последовательный взрыв электровзрывающихся проводников 2 разного диаметра общим током. Подбор электрически взрывааемых медных проводников проводился из расчета параметров разрядного контура и конструктивных размеров системы формирования импульсов ускорителя ИГУР-3,5 ($\rho=7,8$ Ом, $l_1+l_2=4000$ мм, где l_1, l_2 - длины последовательных проводников).

Диаметр последовательно соединенных электровзрывающихся медных проводников выбирается из соотношения

$$d_i \leq \sqrt[4]{\frac{W}{\xi * \rho}} = \sqrt[4]{\frac{7 * 10^4}{2 * 10^9 * 7,8}} \quad (1), \text{ где}$$

$$d_i \leq 0,48 \text{ мм} (S_i \leq 0,1 \text{ мм}^2)$$

W - энергия, запасенная в генераторе Аркадьева-Маркса.

Длины последовательно соединенных электровзрывающихся медных проводников
5 выбираются из соотношения

$$\rho * \sum_{i=1}^n k \leq \sum_{i=1}^n \gamma * \frac{l_i}{S_i} \leq 2 * \rho$$

l_i - длина последовательно включенных электровзрывающихся проводников;

S_i - площадь поперечного сечения последовательно включенных
10 электровзрывающихся проводников;

γ - удельное электрическое сопротивление меди;

ρ - волновое сопротивление разрядного контура;

$k \geq 0,03$ - эмпирически определенный коэффициент пропорциональности

$$15 \quad 56,18 * \rho * \sum_{i=1}^n k \leq \frac{l_1}{S_1} + \frac{l_2}{S_2} \leq 112,36 * \rho$$

$$35,22 * 10^3 \leq \frac{l_1}{S_1} + \frac{l_2}{S_2} < 1174,42 * 10^3$$

20 Расчеты проводились для последовательно соединенных проводников 0,08
мм $d_1 \leq 0,12$ мм и $0,14 \text{ мм} \leq d_2 \leq 0,45$ мм, соответственно $0,0064 \text{ мм}^2 \leq S_1 \leq 0,011 \text{ мм}^2$ и $0,015$
мм² $\leq S_2 \leq 0,16 \text{ мм}^2$, исходя из условия выбора диаметра проводника. Подбор длин
25 последовательно соединенных проводников осуществлялся исходя из конструктивных
размеров системы формирования импульсов ($l_1 + l_2 = 4000$ мм).

Преобразовав последнее неравенство, получено условие подбора длин
последовательно соединенных медных проводников в зависимости от их площади
поперечного сечения:

$$30 \quad \frac{35,22 * 10^3 * S_1 * S_2 - 4000 * S_1}{S_2 - S_1} \leq l_1 < \frac{1174,42 * 10^3 * S_1 * S_2 - 4000 * S_1}{S_2 - S_1} \quad (2)$$

$$l_2 = 4000 \text{ мм} - l_1$$

35 Подставляя попарно величины поперечного сечения проводников, удовлетворяющих
условию (1), в выражения (2), получим комплекты длин последовательно соединенных
электровзрывающихся проводников. Отработка режима генерации двух
последовательных импульсов тормозного излучения заключается в подборе комплектов
последовательно соединенных проводников разного диаметра для получения нужного
40 временного интервала между импульсами и максимальных амплитуд последовательных
импульсов.

В момент обрыва тока в контуре ИЕНЭ на высоковольтном коллекторе системы
формирования импульса формируется два последовательных высоковольтных импульса.
Через обостряющий разрядник 3 высоковольтные импульсы коммутируются в
45 ускорительную трубку 4. В вакуумной диоде при пробое промежутка катод-анод
происходит генерация двух последовательных импульсов тормозного излучения.

На фиг.2 приведены характерные осциллограммы режима генерации двух
последовательных импульсов тормозного излучения. На луче 5 отчетливо видны два

пика последовательных импульсов тормозного излучения с временным интервалом между ними 1,72 мкс. Также на осциллограмме представлены импульсы токов и напряжений ускорительной трубки 6, 7, ток через электровзрывающиеся проводники разного диаметра 8. Использование предлагаемого устройства для формирования импульсов тормозного излучения позволило осуществить многокадровое одноракурсное рентгенографирование быстропротекающих процессов. На фиг.3 приведена рентгенограмма статического положения модельной сборки, состоящей из стальной пластины 9, пенопластовых пластин 10, фольги свинцовой 11 и слоев взрывчатого вещества 12, 13. На фиг.4 приведена рентгенограмма взрывного эксперимента по двухкадровой регистрации разлета стальной пластины. На рентгенограмме отчетливо видно положение стальной пластины 9 в момент регистрации $t_{\gamma 1}=37,5$ мкс и положение в момент $t_{\gamma 2}=39,1$ мкс.

Заявляемое устройство для формирования импульсов тормозного излучения позволило сформировать серию последовательных импульсов тормозного излучения с минимальным размером фокусного пятна для регистрации быстропротекающих процессов, т.е. многокадровое одноракурсное рентгенографирование быстропротекающих процессов.

Для заявленного изобретения в том виде, как оно охарактеризовано в формуле изобретения, подтверждена возможность осуществления устройства и способность обеспечения достижения усматриваемого заявителем технического результата. Следовательно, заявленное изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

Формула изобретения

1. Устройство для формирования импульса тормозного излучения, содержащее генератор с индуктивным накопителем и электровзрывающимися последовательно соединенными проводниками разного диаметра, ускорительную трубку, обостряющий разрядник, отличающееся тем, что ускорительная трубка снабжена вакуумным диодом с «обращенным» катодом, при этом длина и диаметр электровзрывающихся проводников определяются по формулам:

$$d_i = \sqrt[4]{\frac{W}{2 * 10^9 * \rho}}, \text{ где}$$

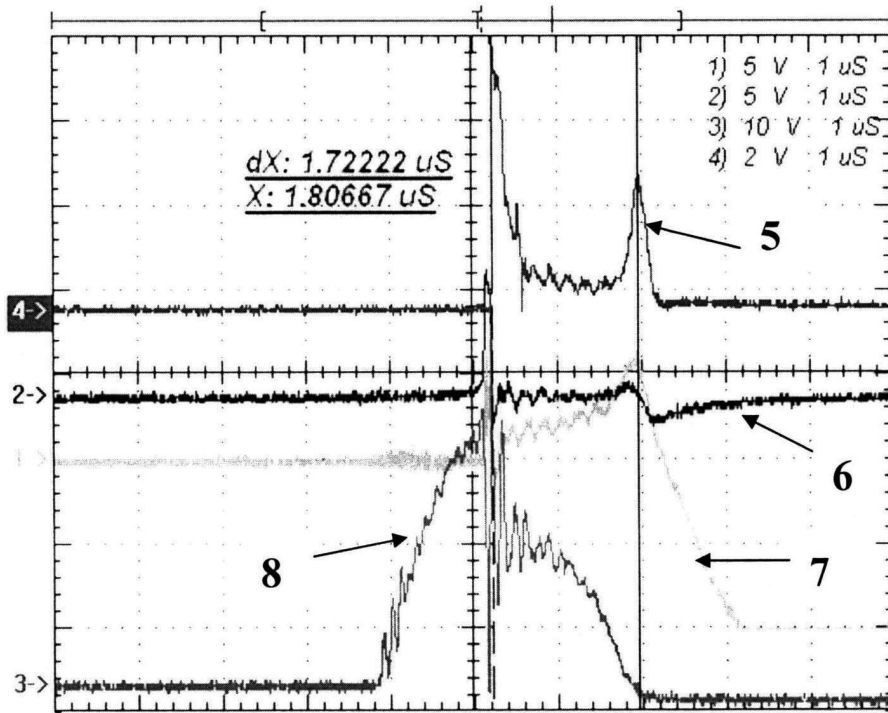
d_i - диаметр электровзрывающегося проводника;
 W - энергия, запасенная в генераторе;
 ρ - волновое сопротивление разрядного контура;

$$\rho * \sum_{i=1}^n k \leq \sum_{i=1}^n \gamma \frac{l_i}{S_i} \leq 2 * \rho, \text{ где}$$

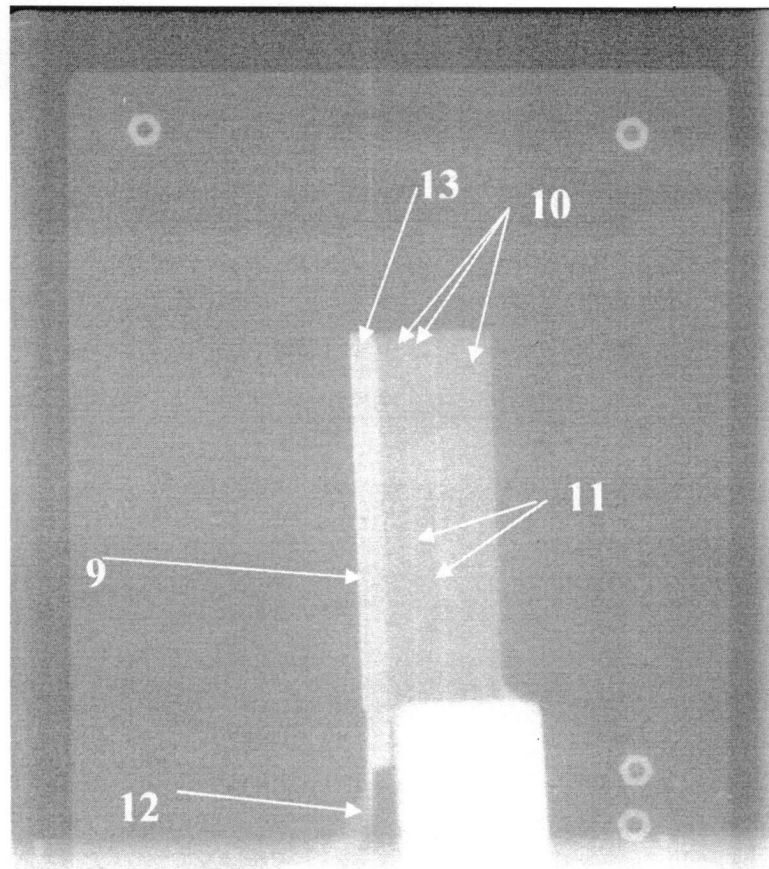
l_i - длина последовательно включенных электровзрывающихся проводников;
 S_i - площадь поперечного сечения последовательно включенных электровзрывающихся проводников;

γ - удельное электрическое сопротивление;
 ρ - волновое сопротивление разрядного контура;
 $k \geq 0,03$ - эмпирически определенный коэффициент пропорциональности.

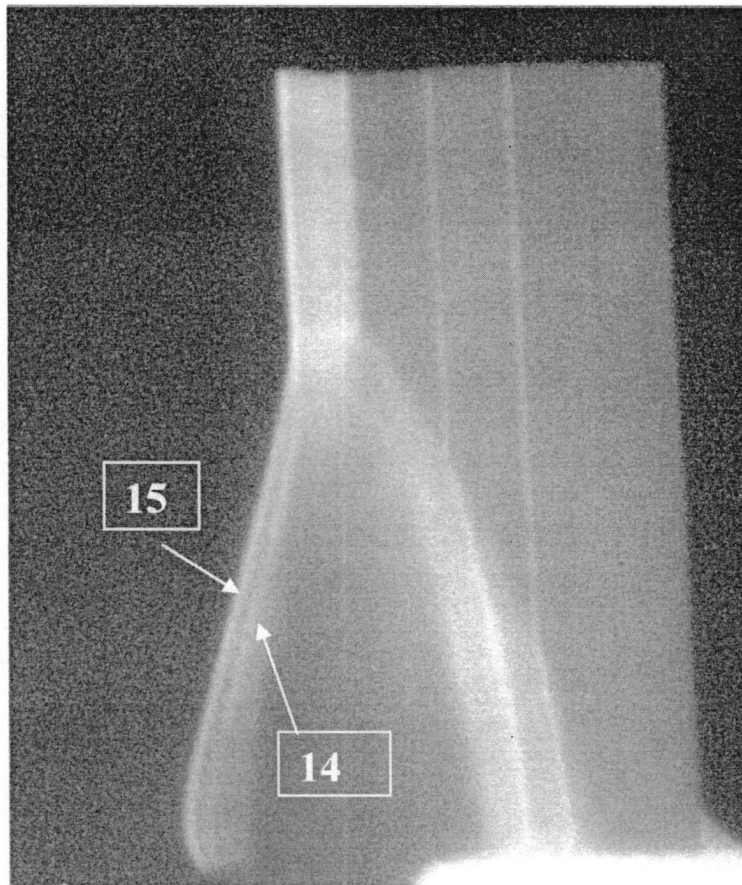
2. Устройство для формирования импульса тормозного излучения по п.1, отличающееся тем, что генератор с индуктивным накопителем собран по схеме Аркадьева-Маркса.



Фиг.2



Фиг.3



Фиг.4