



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

H03H 9/30 (2021.05); H03K 5/01 (2021.05); H03K 5/14 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020135619, 29.10.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
29.10.2020Дата регистрации:  
27.08.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 29.10.2020

(45) Опубликовано: 27.08.2021 Бюл. № 24

Адрес для переписки:

125009, Москва, ул. Моховая, 11, корп. 7, ИРЭ  
им. В.А. Котельникова РАН, Патентный отдел

(72) Автор(ы):

Анисимкин Владимир Иванович (RU),  
Воронова Нелли Владимировна (RU),  
Колесов Владимир Владимирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
учреждение науки Институт радиотехники  
и электроники им. В.А. Котельникова  
Российской академии наук (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: GB 765780 A, 09.01.1957. US 3680007  
A1, 25.07.1972. RU 2168265 C1, 27.05.2001. RU  
2606347 C1, 10.01.2017. RU 2286006 C1,  
20.10.2006. RU 2561250 C2, 27.08.2015. RU  
2686579 C1, 29.04.2019.(54) СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВИДЕОИМПУЛЬСОВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКУСТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ЗАДЕРЖКИ

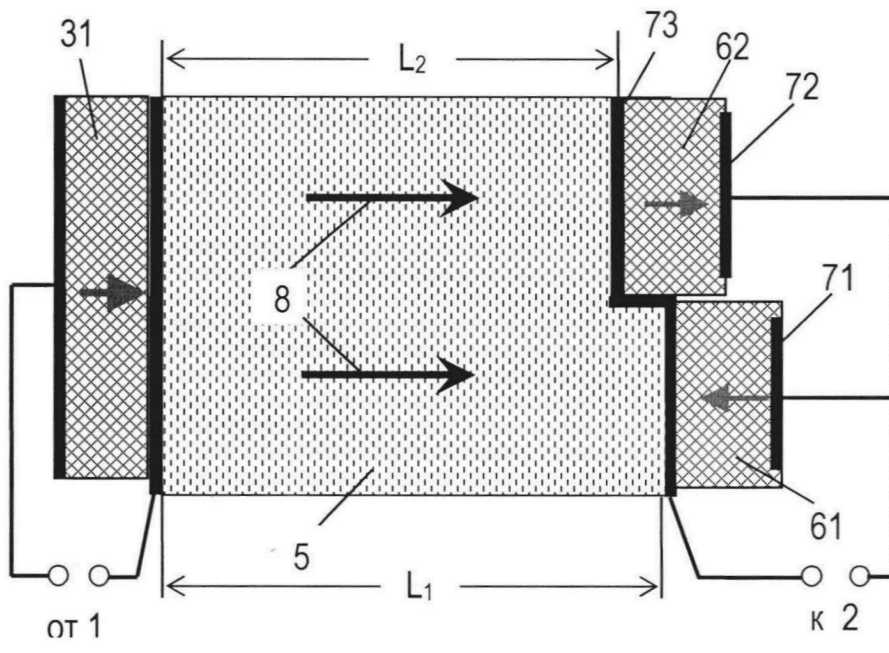
(57) Реферат:

Изобретение относится к средствам для формирования последовательности видеоимпульсов с использованием акустической линии задержки. Технический результат заключается в расширении функциональных возможностей за счет обеспечения возможности формирования разнополярных видеоимпульсов с заданной временной задержкой. Выполняют прямое преобразование входного электрического импульса в акустические импульсы и обратно в электрические импульсы посредством многоканальной акустической линии задержки, которая образована парами излучающих и приемных пьезоэлектрических преобразователей, объединенных звукопроводами. В качестве

входного электрического импульса используют однополярный прямоугольный видеоимпульс, при этом предварительно определяют знаки полярности поляризации пьезоэлектрических преобразователей каждой пары каналов из условия излучения/приема разнополярных передних фронтов акустических волн в звукопроводе. Искомую последовательность электрических импульсов формируют путем сложения разнополярных электрических сигналов, полученных на приемных пьезоэлектрических преобразователях. Полярность и временную задержку задают временем распространения акустических импульсов в звукопроводах. 7 з.п. ф-лы, 13 ил.

RU 2 754 124 C1

RU 2 754 124 C1



ФИГ. 7

RU 2754124 C1

RU 2754124 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*H03H 9/30* (2006.01)  
*H03K 5/01* (2006.01)  
*H03K 5/14* (2014.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*H03H 9/30 (2021.05); H03K 5/01 (2021.05); H03K 5/14 (2021.05)*(21)(22) Application: **2020135619, 29.10.2020**(24) Effective date for property rights:  
**29.10.2020**Registration date:  
**27.08.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **29.10.2020**(45) Date of publication: **27.08.2021 Bull. № 24**

Mail address:

**125009, Moskva, ul. Mokhovaya, 11, korp. 7, IRE  
im. V.A. Kotelnikova RAN, Patentnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Anisimkin Vladimir Ivanovich (RU),  
Voronova Nelli Vladimirovna (RU),  
Kolesov Vladimir Vladimirovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
uchrezhdenie nauki Institut radiotekhniki i  
elektroniki im. V.A. Kotelnikova Rossijskoj  
akademii nauk (RU)**(54) **METHOD FOR FORMING A VIDEO PULSE SEQUENCE USING AN ACOUSTIC DELAY LINE**

(57) Abstract:

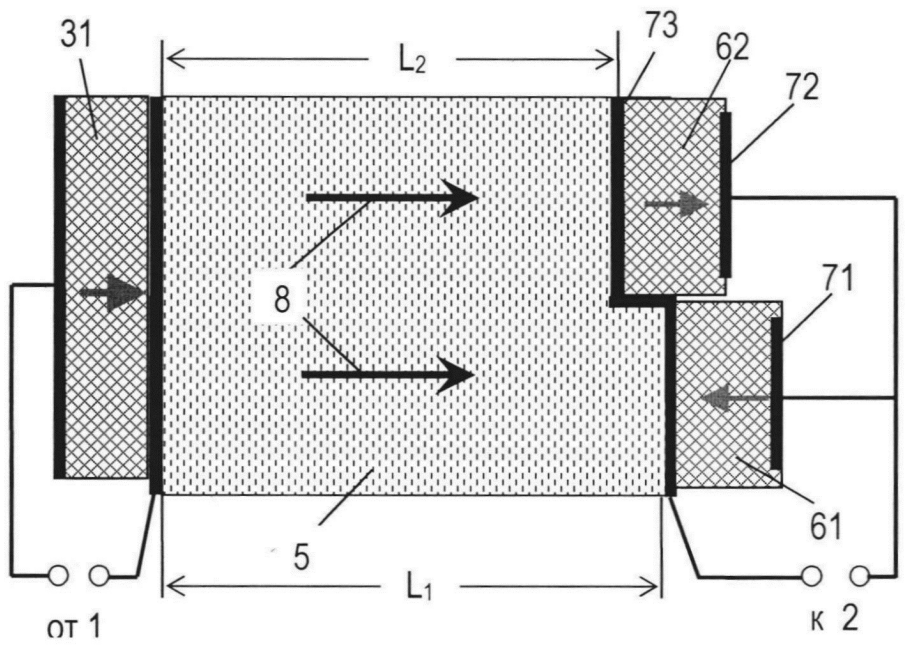
FIELD: video pulse technology.

SUBSTANCE: invention relates to tools for forming a video pulse sequence using an acoustic delay line. Direct conversion of the input electrical pulse into acoustic pulses and back into electrical pulses is performed by means of a multi-channel acoustic delay line formed by pairs of emitting and receiving piezoelectric converters unified by acoustic lines. A unipolar rectangular video pulse is used as an input electric pulse, wherein the polarisation polarity signs of the piezoelectric converters of each pair of channels

are pre-determined based on the condition of emission/reception of heteropolar leading edges of acoustic waves in the acoustic line. The sought electrical pulse sequence is formed by combining the heteropolar electrical signals received at the receiving piezoelectric converters. The polarity and the time delay are set by the propagation time of acoustic pulses in acoustic lines.

EFFECT: expanding the operational capabilities by providing a possibility of forming heteropolar video pulses with a preset time delay.

8 cl, 13 dwg



ФИГ. 7

RU 2754124 C1

RU 2754124 C1

Изобретение относится к радиотехнике и может быть использовано при проектировании пьезоэлектрических компонентов устройств обработки сигналов, датчиков физических величин, а также в физических экспериментах.

Известно, что для обработки электрических сигналов различной природы и назначения используются системы, использующие пьезоэлектрические компоненты для преобразования сигналов в акустические волны и обратно. Это дает возможность построения различных преобразователей электрических и магнитных величин в устройствах вычислительной техники, системах контроля и управления, в том числе в акустических линиях задержки (АЛЗ) (см., например, Р.Г. Джагупов, А.А. Ерофеев Пьезокерамические элементы в приборостроении и автоматике, Л, Машиностроение, 1986, с. 207-244).

Для указанных целей описаны системы с использованием как объемных (ОАВ), так и поверхностных акустических волн (ПАВ). При генерировании и детектировании ПАВ используют структуры с электродами периодически чередующейся полярности, наносимыми на поверхность пьезоэлектрической подложки. Обычный встречно-штыревой преобразователь (ВШП) может использоваться для обработки радиочастотных импульсов, но не видеоимпульсов. Это обусловлено тем, что сам ВШП является полосовым фильтром с конечной полосой пропускания  $\Delta f/f$ , которая обратно пропорциональна числу электродов  $N$ . Резонансная частота  $f$  определяется скоростью  $V$  распространения ПАВ и периодом  $\lambda$  преобразователя. Например, при  $V=3000$  м/с,  $\lambda=20$  мкм и  $N=20$ , величины  $f$  и  $\Delta f/f$  равны, соответственно, 150 МГц и 5%.

В патенте на изобретение US 3680007 (А), IBM, 25.07.1972 описано устройство для обработки сигналов на ПАВ с использованием ВШП для генерации и детектирования возвращаемых к нулю последовательностей поверхностных волн. ВШП включает основные электроды, которые перпендикулярны выводам преобразователя, и вспомогательные электроды, наклоненные под углом к основным электродам. Для того чтобы увеличить произведение ширины полосы пропускания на время задержки для видеоимпульсов, используемых в обработке данных, применено кодирование, например, код Баркера и код Голея. Преимущество этого типа кодирования видно из того, что входные сигналы комплементарной последовательности имеют цифры с одной единицей амплитуды, в то время как выходной сигнал имеет цифру с четырьмя единицами амплитуды в центре и нулем в другом месте. Недостаток такого способа обработки сигналов - в его высокой чувствительности к точности изготовления требуемой топологии и к состоянию поверхности из-за использования поверхностного типа колебаний.

В изобретении GB 765780 (А) от 09.01.1957 - прототип, описана акустическая преобразовательная система, включающая многоотводную АЛЗ на объемных акустических волнах. Она содержит входной пьезоэлектрический преобразователь (ПП) излучающий акустический импульс и выходные ПП, размещенные по трассам различной длины, которые считывают акустические импульсы с высокочастотным заполнением и преобразуют их в электрические импульсы той же частоты. Эти импульсы создают на нагрузке последовательность электрических импульсов одинаковой полярности с частотой повторения, умноженной на количество единиц захвата и предоставленных трасс задержки. Для обеспечения функционирования требуется возбуждение входного ПП радиоимпульсом с несущей частотой, равной половине длины акустической волны в ПП. Безусловными недостатками устройства являются невозможность получения разнополярных видеоимпульсов и наличие у АЛЗ жидкостного звукопровода. Указанные недостатки ограничивают возможности

реализации устройства.

Настоящее изобретение направлено на расширение возможностей акустических устройств обработки сигналов в части преодоления указанных недостатков и упрощения схемотехнической реализации. Оно основано на следующих предпосылках.

5 Как уже отмечалось выше, генерация акустических импульсов с использованием ПП обеспечивается в резонансном режиме, то есть когда толщина ПП (для ОАВ) или расстояние между электродами (для ПАВ) составляет целое число длин полуволн. Именно такой режим используется в указанных выше решениях.

10 Пьезокерамический ПП, в простейшем виде, представляет собой прямоугольную или круглую пластину, поляризованную в постоянном электрическом поле для создания пьезоэффекта. Для генерации толщинных мод колебаний ПП имеет два электрода, нанесенные на широкие поверхности, перпендикулярные направлению поляризации (Пьезокерамические преобразователи: Справочник, Л., Судостроение, 1984, с. 45-72). Толщинные моды колебаний ПП вызывают в звукопроводящей среде акустическую  
15 волну с продольной поляризацией.

Если подать на ПП короткий видеоимпульс, например, положительной полярности, то пьезоэлемент, вследствие обратного пьезоэффекта, мгновенно изменит размеры и сгенерирует в присоединенном звукопроводе акустическую волну с передним фронтом сжатия или растяжения, в зависимости от полярности видеоимпульса по отношению к  
20 знаку полярности поляризации ПП. При изменении полярности видеоимпульса и/или смене знака полярности пьезокерамического элемента произойдет изменение знака переднего фронта акустической волны на противоположный, что наблюдается экспериментально.

Патентуемый способ формирования последовательности электрических импульсов  
25 включает прямое преобразование входного электрического импульса в акустические импульсы и обратно в электрические импульсы посредством многоканальной акустической линии задержки (АЛЗ).

Отличие состоит в следующем.

30 АЛЗ образована парами излучающих и приемных пьезоэлектрических преобразователей, объединенных звукопроводами. В качестве входного электрического импульса используют однополярный прямоугольный видеоимпульс, при этом предварительно определяют знаки полярности поляризации пьезоэлектрических преобразователей каждой пары каналов из условия излучения/приема разнополярных передних фронтов акустических волн в звукопроводе.

35 Искомую последовательность электрических импульсов формируют путем сложения разнополярных электрических видеосигналов, полученных на приемных пьезоэлектрических преобразователях, причем полярность и временную задержку между единичными электрическими импульсами задают временем распространения акустических импульсов в звукопроводах.

40 Способ может характеризоваться тем, что излучающие и приемные пьезоэлектрические преобразователи представляют собой пьезокерамические элементы с поляризацией по толщине для возбуждения/приема продольных акустических волн.

Способ может характеризоваться и тем, что для двухканальной АЛЗ, имеющей идентичные звукопроводы и параллельно соединенные пары излучающих и приемных  
45 пьезокерамических преобразователей, упомянутые приемные преобразователи имеют противоположные знаки полярности поляризации, а также тем, что для двухканальной АЛЗ, образованной общим излучающим пьезокерамическим преобразователем и единым звукопроводом, и имеющей параллельно соединенные приемные

пьезокерамические преобразователи, упомянутые приемные преобразователи имеют противоположные знаки полярности поляризации.

Способ может характеризоваться, кроме того, тем, что для АЛЗ, образованной парой параллельно соединенных излучающих пьезокерамических преобразователей, каждый из которых связан с индивидуальным звукопроводом, и общим приемным пьезокерамическим преобразователем, звукопроводы выполнены из идентичных материалов и расположены по направлению распространения акустической волны встречно друг другу, знаки поляризации поименованных излучающих и приемных преобразователей одинаковы, при этом размеры  $L_1$ ,  $L_2$  звукопроводов выбраны из условия  $|L_1 - L_2| = \Delta t \times V$ , где  $V$  - скорость акустической волны в звукопроводе,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами обеих пар преобразователей, а время  $\tau$  задержки сформированного импульса относительно входного видеопульса определяется меньшим из двух значений  $L_1/V$ ,  $L_2/V$ .

Способ может характеризоваться, и тем, что для АЛЗ, образованной парой параллельно соединенных излучающих пьезокерамических преобразователей, и общим приемным пьезокерамическим преобразователем, звукопроводы выполнены из идентичных материалов и расположены по направлению распространения акустических волн последовательно друг с другом, знаки поляризации излучающих пьезокерамических преобразователей одинаковы, а знак поляризации приемного преобразователя противоположен им, причем размеры  $L_1$ ,  $L_2$  звукопроводов выбраны из условия  $|L_1 - L_2| = \Delta t \times V$ , где  $V$  - скорость акустической волны в звукопроводе,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами обеих пар преобразователей, а время  $\tau$  задержки сформированного импульса относительно входного видеопульса определяется меньшим из двух значений  $L_1/V$ ,  $L_2/V$ .

Способ может характеризоваться, также и тем, что для АЛЗ, образованной парами параллельно соединенных излучающих пьезокерамических преобразователей, каждый из которых связан с индивидуальным звукопроводом, и общим приемным пьезокерамическим преобразователем, звукопроводы выполнены из разных материалов и расположены по направлению распространения акустических волн встречно друг другу, знаки поляризации поименованных излучающих и приемного преобразователя одинаковы, при этом расстояния  $L_i$ ,  $L_{i+1}$  от  $i$ -го и  $i+1$ -го излучателей до общего приемника выбраны из условия  $|L_i/V_n - L_{i+1}/V_m| = \Delta t$ , где  $V_n$ ,  $V_m$  - скорости акустических волн в звукопроводах  $n$  и  $m$ ,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами для  $i$ -й и  $i+1$ -й пар преобразователей, а времена задержки  $\tau$ , сформированной последовательности сигналов относительно входного импульса определяются меньшими из двух значений  $L_i/V_n$ ,  $L_{i+1}/V_m$ .

Способ может характеризоваться, кроме того, тем, что для АЛЗ, образованной парами параллельно соединенных излучающих пьезокерамических преобразователей, каждый из которых связан с индивидуальным звукопроводом, и общим приемным пьезокерамическим преобразователем, звукопроводы выполнены из разных материалов и расположены по направлению распространения акустических волн последовательно друг другу, знаки поляризации излучающих пьезокерамических преобразователей одинаковы, а знак поляризации приемного преобразователя противоположен им, причем расстояния  $L_i$ ,  $L_{j+1}$  от  $i$ -го и  $i+1$ -го излучающих преобразователей до общего приемного преобразователя выбраны из условия  $|L_i/V_n - L_{i+1}/V_m| = \Delta t$ , где  $V_n$ ,  $V_m$  - скорости акустических волн в звукопроводах  $n$  и  $m$ ,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими

выходными сигналами для  $i$ -й и  $i+1$ -й пары преобразователей, а время задержки  $\tau_i$  сформированной последовательности сигналов относительного входного импульса определяется меньшими из двух значений  $L_i/V_n$ ,  $L_{i+1}/V_m$ .

5 Технический результат - расширение функциональных возможностей, а именно: формирование либо эквидистантных импульсов одинаковой (разной) полярности, либо неэквидистантных импульсов одинаковой (разной) полярности, причем с заданной величиной временной задержки между отдельными импульсами формируемой последовательности. Дополнительный технический результат - демонстрация, в процессе  
10 обучения, возможностей пьезокерамических преобразователей на простейшем измерительном оборудовании (осциллоскоп, генератор импульсов).

Существо изобретения поясняется на чертежах, где:

фиг. 1-3 - принцип возбуждения видеосигналов в режиме однопролетных АЛЗ с учетом знаков поляризации излучающего и приемного преобразователей;

фиг. 4-5 - экспериментальные данные;

15 фиг. 6 - формирование сигналов на АЛЗ с использованием двух пространственно разделенных однопролетных АЛЗ;

фиг. 7, 8 - формирование сигналов на АЛЗ с использованием единого звукопровода, общего излучающего и двух приемных преобразователей;

20 фиг. 9, 10 - формирование сигналов на основе АЛЗ с использованием двух звукопроводов, расположенных встречно по отношению к направлениям распространения акустических волн, двух излучающих преобразователей и одного приемного преобразователя между ними;

25 фиг. 11, 12 - формирование сигналов на основе АЛЗ с использованием двух звукопроводов, расположенных последовательно по отношению к направлениям распространения акустических волн, двух излучающих преобразователей и одного приемного преобразователя;

фиг. 13 - примеры последовательностей видеоимпульсов, которые могут быть получены патентуемым способом.

30 На фиг. 1-5 поясняется принцип получения видеосигналов в режиме однопролетных АЛЗ с учетом знаков поляризации излучающего и приемного преобразователей.

35 Схема (фиг. 1) содержит импульсный генератор 1 для подачи однополярного прямоугольного видеоимпульса 10, приемник 2 для приема электрических импульсов на выходной нагрузке, излучающий 3 пьезоэлектрический преобразователь с электродами 4, звукопровод 5, приемный 6 пьезокерамический преобразователь с электродами 7, направление 8 распространения акустической волны в АЛЗ. Как указывалось выше, в том случае, когда в качестве пьезоэлектрика используется пьезокерамический материал, последний в процессе производства подвергается процессу поляризации высоким напряжением постоянного тока и характеризуется знаком полярности поляризации, направление 9 которого показано стрелкой (фиг. 2, 3).  
40

В том случае, если полярность подаваемого на излучающий преобразователь 3 прямоугольного видеоимпульса 10 совпадает со знаком полярности поляризации, а также со знаком поляризации приемного преобразователя 6, то на приемнике регистрируется акустическая волна, передний фронт 21 которой повторяет знак входного импульса преобразователя 3 (фиг. 2, 4).  
45

В том случае, если знак поляризации приемного преобразователя 6 противоположен знаку излучающего преобразователя 3, то генерируется акустическая волна, передний фронт 23 которой имеет противоположную полярность (фиг. 3, 5). При этом время  $\Delta t$  задержки между ближайшими выходными сигналами АЛЗ определяется



переотражениями принятой акустической волны между поверхностями приемного преобразователя 6.

Так, на фиг. 4, 5 показаны результаты эксперимента, подтверждающего возможность изменения полярности переднего фронта сигнала, регистрируемого на приемнике 2, за счет изменения полярности приемного преобразователя 6. Небольшая разница в амплитуде сигналов в эксперименте обусловлена различием склейки между преобразователями и звукопроводами.

На фиг. 6 показан принцип формирования последовательности электрических импульсов с использованием двух пространственно разделенных однопролетных АЛЗ. Излучающие 3 и приемные 6 преобразователи представляют собой пьезокерамические элементы с поляризацией по толщине для возбуждения продольных акустических волн. Звукопроводы 5 выполнены из одинакового материала и имеют одинаковую длину. Излучающие преобразователи 3 присоединены параллельно к импульсному генератору 1 так, что знаки их поляризации совпадают. Приемные преобразователи 6 также параллельно присоединены к приемнику 2, однако имеют встречную поляризацию. В результате (сложения) разнополярные акустические импульсы на выходе преобразователей 6 компенсируют друг друга, чем обеспечивается формирование нулевого сигнала в приемнике 2 (фиг. 8).

На фиг. 7 показана схема АЛЗ, образованной единым звукопроводом 5 и общим излучающим пьезокерамическим преобразователем 31, генерирующим продольную акустическую волну в направлении 8. Регистрацию волны осуществляют установленные на расстояниях  $L_1, L_2$  от излучателя 31 приемные пьезокерамические преобразователи 61, 62, электроды 71, 72 которых соединены параллельно и вместе с общим электродом 73 присоединены к приемнику 2. Преобразователи 61, 62 имеют противоположные знаки полярности поляризации, поэтому на их выходе формируются разнополярные электрические импульсы, которые при  $L_1 \neq L_2$ , складываясь друг с другом, создают в приемнике 2 выходной электрический сигнал, а при  $L_1 = L_2$  - компенсируют друг друга и формируют в приемнике 2 «нулевой» электрический сигнал 63 малой амплитуды на уровне шума АЛЗ (фиг. 8), который не используется. Этот сигнал является следствием неидентичности приемных преобразователей 61, 62 и их акустического контакта со звукопроводом 5.

На фиг. 9-10 и фиг. 11-12 показаны различные варианты реализации способа с использованием двух неидентичных звукопроводов и трех пьезокерамических преобразователей.

Так, на фиг. 9 показана составная АЛЗ, образованная парой излучающих пьезокерамических преобразователей 31, 32, параллельно присоединенных к импульсному генератору 1. Преобразователи 31, 32 связаны с индивидуальными звукопроводами 51, 52. По отношению к направлениям распространения излучаемых акустических волн звукопроводы 51, 52 расположены встречно, а общий приемный пьезокерамический преобразователь 6 размещен в середине АЛЗ. Звукопроводы 51, 52, имеют размеры  $L_1, L_2$  в направлениях 81, 82 распространения акустических волн. Знаки поляризации поименованных излучающих и приемных преобразователей выполняются однонаправленными.

В том случае, если звукопроводы 51, 52 выполнены из идентичного материала и различаются только размером  $L_1, L_2$ , то для выполнения назначения, а именно формирования сигнала положительной полярности (поз. 81+82), задержанного относительно импульса 10, должно выполняться условие:  $|L_1 - L_2| = \Delta t \times V$ , где  $V$  - скорость

акустических волн в звукопроводе,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами обеих пар преобразователей (фиг. 10). При  $L_2 < L_1$  величина задержки  $\tau$  сигнала положительной полярности (поз. 81+82) относительно входного импульса 10 равняется  $L_2/V$ . Величина  $\tau$  регулируется за счет изменения длины  $L_2$  более короткого звукопровода 52 при одновременном соблюдении условия  $|L_1 - L_2| = \Delta t \times V$ . На фиг. 10 показан результат интерференции сигналов на приемном преобразователе 6. Видно, что в результате интерференции разнополярные акустические импульсы 81 и 82, складываясь друг с другом, формируют сигнал 81+82 положительной полярности.

В том случае, если звукопроводы 51, 52 выполнены из различных материалов, то есть характеризуются различными скоростями  $V_{51}$ ,  $V_{52}$  акустических волн в звукопроводах 51, 52, то расстояния  $L_i$ ,  $L_{i+1}$  от  $i$ -го и  $i+1$ -излучающих преобразователей до общего приемного преобразователя 6 выбраны из условия  $|L_i/V_{51} - L_{i+1}/V_{52}| = \Delta t$ , где  $V_{51}$ ,  $V_{52}$  - скорости волн в звукопроводах 51 и 52,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами 81, 82  $i$ -й и  $i+1$ -й пар излучатель-приемник (фиг. 10). Времена задержки  $\tau_i$ , сформированной разными парами последовательности сигналов относительно входного импульса 10, определяется меньшими из двух значений  $L_i/V_{51}$ ,  $L_{i+1}/V_{52}$ . Величины  $\tau_i$  регулируются за счет изменения длин соответствующих звукопроводов при одновременном соблюдении условия:  $|L_i/V_{51} - L_{i+1}/V_{52}| = \Delta t$ .

На фиг. 11, 12 представлен другой вариант формирования сигналов на основе составной АЛЗ с использованием двух звукопроводов, двух излучающих и одного приемного преобразователя.

Составная АЛЗ образована парой параллельно подключенных излучающих пьезокерамических преобразователей 31 и 32, каждый из которых связан с индивидуальными звукопроводами 51, 52, выполненными из разных материалов, причем по отношению к направлениям распространения излучаемых акустических волн звукопроводы 51, 52 расположены последовательно. АЛЗ имеет общий приемный преобразователь 6, при этом знаки поляризации излучающих пьезокерамических преобразователей 31, 32 - одинаковы, а знак поляризации приемного преобразователя 6 - противоположен им. Расстояния  $L_i$ ,  $L_{i+1}$  от  $i$ -го и  $i+1$ -излучающих преобразователей до общего приемного преобразователя 6 выбраны из условия: условия  $|L_i/V_{51} - L_{i+1}/V_{52}| = \Delta t$ , где  $V_{51}$ ,  $V_{52}$  - скорости акустических волн в звукопроводах 51 и 52,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами  $i$ -й и  $i+1$ -й пар излучатель-приемник. Времена задержки  $\tau_i$ , сформированной разными парами последовательности сигналов 81+82 относительно входного импульса 10, определяются меньшими из двух значений  $L_i/V_{51}$ ,  $L_{i+1}/V_{52}$ . Величины  $\tau_i$  задаются за счет изменения длин отдельных звукопроводов при одновременном соблюдении условия  $|L_i/V_{51} - L_{i+1}/V_{52}| = \Delta t$ .

В том случае, если скорости распространения акустических волн в звукопроводах 51 и 52 одинаковы ( $V_{51} = V_{52} = V$ ), расстояния  $L_1$ ,  $L_2$  выбраны из условия:  $|L_1 - L_2| = \Delta t \times V$ , а время задержки сигнала 81+82 определяется величиной  $L_2/V$  более короткого звукопровода.

На фиг. 12 показан результат интерференции сигналов на приемном преобразователе 6. Видно, что в результате интерференции разнополярные акустические импульсы 81

и 82, складываясь друг с другом, формируют сигнал 81+82 отрицательной полярности.

Таким образом, полярности и времена задержки видеосигналов 81+82 на выходе приемника 2 (фиг. 9-12) регулируются и могут быть использованы для формирования заданного временного кода (последовательности определенным образом следующих друг за другом положительных и/или отрицательных импульсов), а также для модуляции ВЧ сигналов, следующих один за другим с заданным временным интервалом.

На фиг. 13 представлены примеры последовательностей видеоимпульсов, которые могут быть получены патентуемым способом. Позициями 101 и 102 показаны последовательности однополярных импульсов положительной полярности, длительность между которыми регулируется. Импульсы отрицательной полярности показаны поз. 105, одиночные импульсы двуполярной формы - поз. 103; Последовательность импульсов с чередующейся полярностью показана поз. 104.

Таким образом, использование многоканальных линий задержки, в которых при возбуждении и приеме задержанных акустических импульсов целенаправленно учитывается знак поляризации пьезокерамических преобразователей, позволяет расширить функциональные возможности, а именно формировать либо последовательность эквидистантных импульсов одинаковой (разной) полярности, либо последовательность неэквидистантных импульсов одинаковой (разной) полярности, причем с заданной величиной временной задержки между отдельными импульсами формируемой последовательности. Дополнительный технический результат - демонстрация, в процессе обучения, возможностей пьезокерамических преобразователей на простейшем измерительном оборудовании (осциллоскоп, генератор импульсов).

#### (57) Формула изобретения

1. Способ формирования последовательности электрических импульсов, включающий прямое преобразование входного электрического импульса в акустические импульсы и обратно в электрические импульсы посредством многоканальной акустической линии задержки (АЛЗ),

отличающийся тем, что

АЛЗ образована парами излучающих и приемных пьезоэлектрических преобразователей, объединенных звукопроводами,

в качестве входного электрического импульса используют однополярный прямоугольный видеоимпульс, при этом предварительно определяют знаки полярности поляризации пьезоэлектрических преобразователей каждой пары каналов из условия излучения/приема разнополярных передних фронтов акустических волн в звукопроводе, а искомую последовательность электрических импульсов формируют путем сложения разнополярных электрических видеосигналов, полученных на приемных пьезоэлектрических преобразователях, причем полярность и временную задержку между единичными электрическими импульсами задают временем распространения акустических импульсов в звукопроводах.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что излучающие и приемные пьезоэлектрические преобразователи представляют собой пьезокерамические элементы с поляризацией по толщине для возбуждения/приема продольных акустических волн.

3. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что для двухканальной АЛЗ, имеющей идентичные звукопроводы и параллельно соединенные пары излучающих и приемных пьезокерамических преобразователей, упомянутые приемные преобразователи имеют противоположные знаки полярности поляризации.

4. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что для двухканальной АЛЗ,

образованной общим излучающим пьезокерамическим преобразователем и единым звукопроводом и имеющей параллельно соединенные приемные пьезокерамические преобразователи, упомянутые приемные преобразователи имеют противоположные знаки полярности поляризации.

5 5. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что для АЛЗ, образованной парой параллельно соединенных излучающих пьезокерамических преобразователей, каждый из которых связан с индивидуальным звукопроводом, и общим приемным пьезокерамическим преобразователем,

10 звукопроводы выполнены из идентичных материалов и расположены по направлению распространения акустических волн встречно друг другу, знаки поляризации поименованных излучающих и приемных преобразователей одинаковы, при этом размеры  $L_1$ ,  $L_2$  звукопроводов выбраны из условия  $|L_1 - L_2| = \Delta t \times V$ , где  $V$  - скорость акустической волны в звукопроводе,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами обеих пар преобразователей, а время  $\tau$  задержки сформированного импульса  
15 относительно входного видеоимпульса определяется меньшим из двух значений  $L_1/V$ ,  $L_2/V$ .

6. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что для АЛЗ, образованной парой параллельно соединенных излучающих пьезокерамических преобразователей и общим  
20 приемным пьезокерамическим преобразователем,

звукопроводы выполнены из идентичных материалов и расположены по направлению распространения акустических волн последовательно друг с другом, знаки поляризации излучающих пьезокерамических преобразователей одинаковы, а знак поляризации приемного преобразователя противоположен им, причем размеры  $L_1$ ,  $L_2$  звукопроводов  
25 выбраны из условия  $|L_1 - L_2| = \Delta t \times V$ , где  $V$  - скорость акустической волны в звукопроводе,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами обеих пар преобразователей, а время  $\tau$  задержки сформированного импульса относительно входного видеоимпульса определяется меньшим из двух значений  $L_1/V$ ,  $L_2/V$ .

7. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что для АЛЗ, образованной парами,  
30 содержащими параллельно соединенные первый и второй излучающие пьезокерамические преобразователи, каждый из которых связан с индивидуальными первым и вторым звукопроводами, и общим приемным пьезокерамическим преобразователем,

35 звукопроводы выполнены из разных материалов и расположены по направлению распространения акустических волн встречно друг другу, знаки поляризации поименованных излучающих и приемного преобразователя одинаковы, при этом  
расстояния  $L_1$ ,  $L_2$  от первого и второго излучающих преобразователей до общего приемного преобразователя выбраны из условия  $|L_1/V_1 - L_2/V_2| = \Delta t$ , где  $V_1$ ,  $V_2$  - скорости  
40 акустических волн в первом и втором звукопроводах,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами для упомянутых пар преобразователей, а времена задержки  $\tau_i$  сформированной последовательности сигналов относительно входного импульса определяются меньшими из двух значений  $L_1/V_1$  и  $L_2/V_2$ .

8. Способ по п. 1 или 2, отличающийся тем, что для АЛЗ, образованной парами,  
45 содержащими параллельно соединенные первый и второй излучающие пьезокерамические преобразователи, каждый из которых связан с индивидуальными первым и вторым звукопроводами, и общим приемным пьезокерамическим преобразователем,

звукопроводы выполнены из разных материалов и расположены по направлению распространения акустических волн последовательно друг другу, знаки поляризации излучающих преобразователей одинаковы, а знак поляризации приемного преобразователя противоположен им, при этом

5 расстояния  $L_1$ ,  $L_2$  от первого и второго излучающих преобразователей до общего приемного преобразователя выбраны из условия  $|L_1/V_1 - L_2/V_2| = \Delta t$ , где  $V_1$ ,  $V_2$  - скорости акустических волн в первом и втором звукопроводах,  $\Delta t$  - время задержки между ближайшими выходными сигналами для упомянутых пар преобразователей, а время задержки  $\tau_1$  сформированной последовательности сигналов относительно входного  
10 импульса определяется меньшими из двух значений  $L_1/V_1$  и  $L_2/V_2$ .

15

20

25

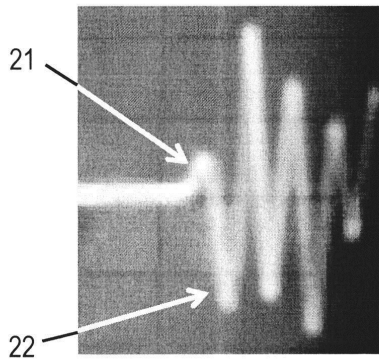
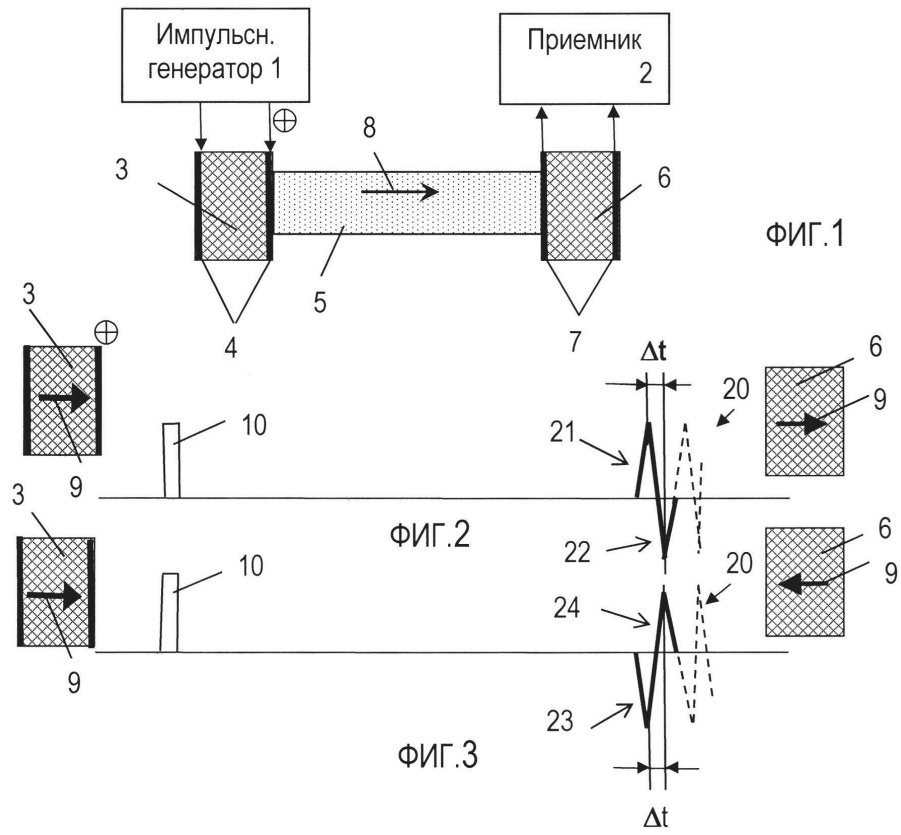
30

35

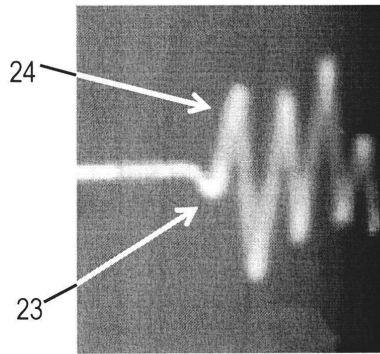
40

45

1

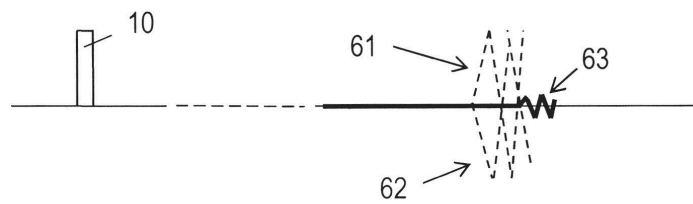
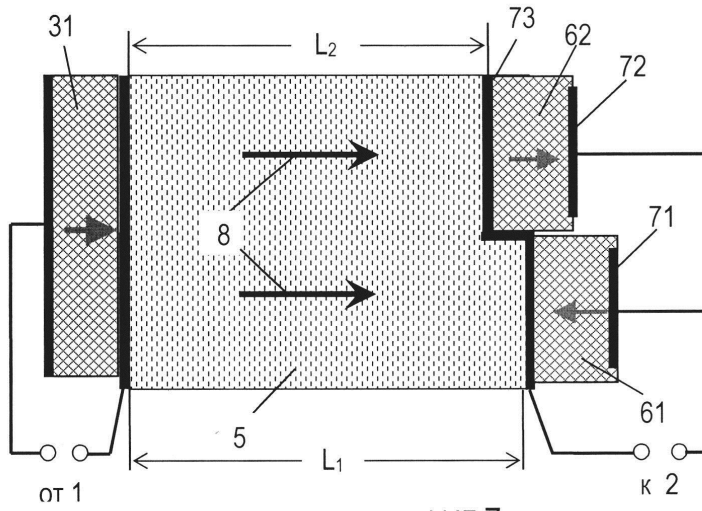
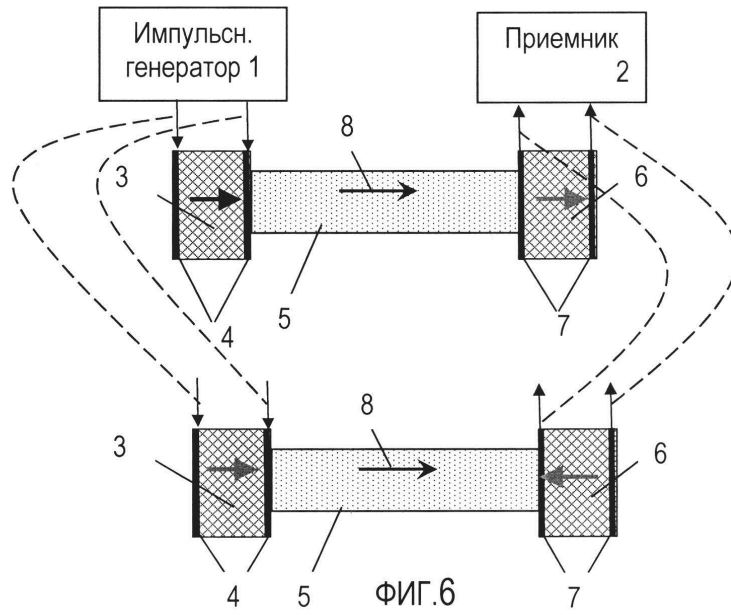


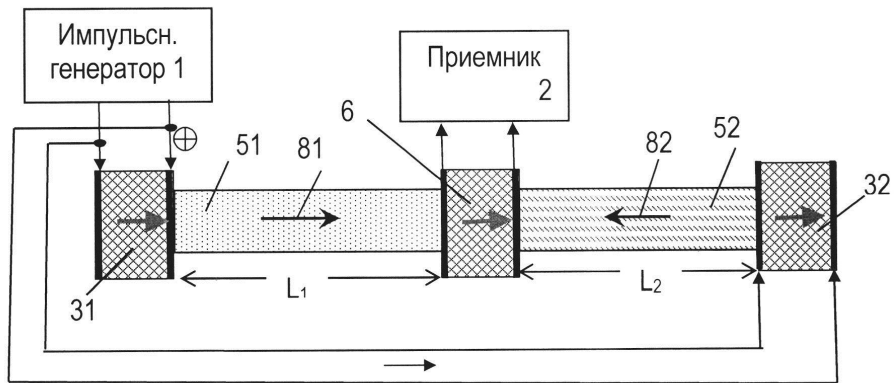
ФИГ.4



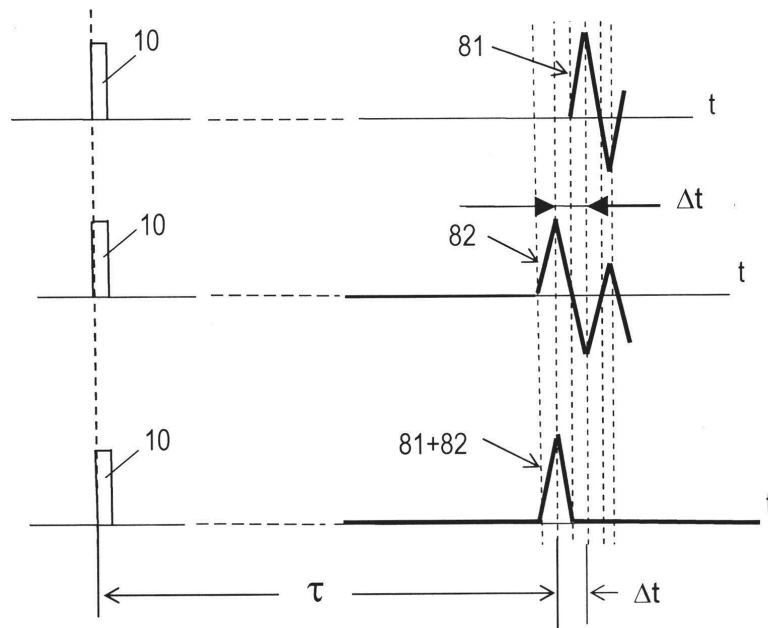
ФИГ.5

2



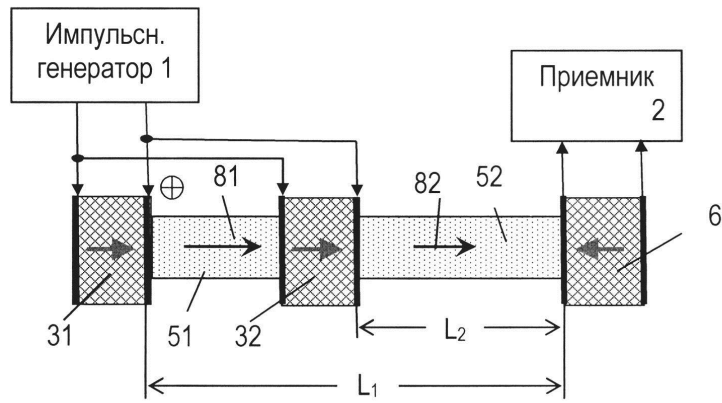


ФИГ.9

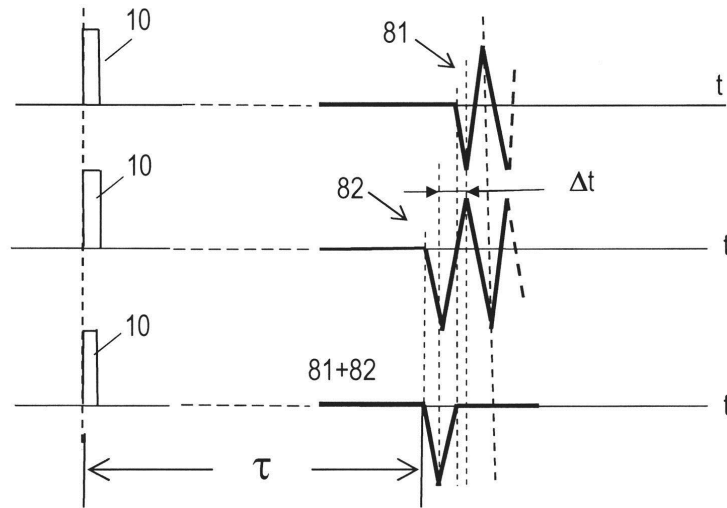


ФИГ.10

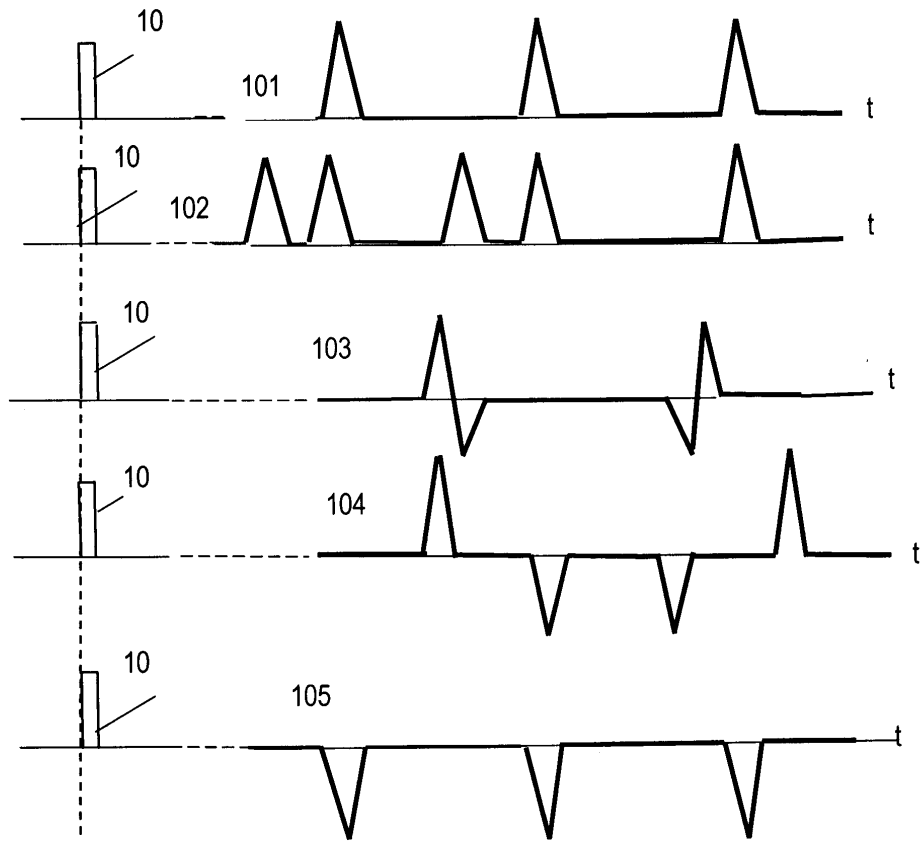




ФИГ.11



ФИГ.12



ФИГ.13