

УДК 621.3.049.779

## ПАССИВНАЯ БЕСПРОВОДНАЯ МЕТКА-ДАТЧИК ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ КОНТРОЛЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ АЭС

© 2014 г. В.Ф. Катаев, В.И. Ратушный, А.Ф. Черножукова, Ж.А. Хван

*Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл.*

В работе рассмотрен датчик температуры на поверхностно-акустических волнах (ПАВ), принцип его работы, возможности уменьшения погрешности измерения, рассматривается разработка датчиков температуры с совмещенной системой идентификации. Датчики могут быть использованы для контроля технических параметров физической защиты АЭС.

*Ключевые слова:* поверхностно акустические волны, встречно штыревой преобразователь, пассивный датчик температуры, АЭС.

Поступила в редакцию 30.11.2014 г.

Все возрастающие требования к контролю параметров современных технологических процессов и режимов работы различных устройств и оборудования АЭС ставят задачу по разработке датчиков с новыми функциональными возможностями. Здесь особое место занимают технологии автоматизированных систем дистанционного беспроводного мониторинга физических параметров технических систем. Рассматриваемая в настоящей работе технология изготовления датчиков на поверхностных акустических волнах (ПАВ) существенно отличается от уже применяемых.

В условиях сильных нестационарных помех амплитуда сигнала может сильно зависеть от времени измерения, даже если проводить усреднение, что может привести к существенному понижению точности измерения. Однако если измерять не амплитуду сигнала, а задержку сигнала между опорным и отражательным ВШП, то точность определения амплитуды не будет сказываться на результатах измерений. Более того можно между опорным и отражательным ВШП расположить кодовые отражатели, которые для каждого датчика будут иметь разные положения. Тогда датчик можно рассматривать как радиочастотную идентификационную метку, в которой расстояние между импульсами будет зависеть от измеряемой физической величины.

Для примера рассмотрим датчик температуры. В этом случае из-за отличного от нуля температурного коэффициента задержки расстояние между отраженными импульсами будет зависеть от температуры, причем, чем задержка между импульсами больше, тем сильнее будут сдвигаться импульсы относительно друг друга с изменением температуры.

На рисунке 1 показана конструкция датчика температуры. Он расположен на подложке из  $\text{LiNbO}_3$  размером  $1,42 \times 14 \times 0,5$  мм. Первый отражатель расположен на расстоянии 1,89 мм от приемо-передающего ВШП. Это позволяет при приеме отраженных импульсов от датчика исключить отраженные сигналы от различных металлических поверхностей в зоне считывателя [1]. Эти отраженные сигналы придут на считыватель значительно раньше, чем отраженные импульсы от датчика, поскольку при расстоянии 1,89 мм отраженные от датчика импульсы придут примерно через

1 мкс, что соответствует отражателям, находящимся на расстоянии 300 м. При таком расстоянии отраженные импульсы значительно ослабнут и не будут мешать приему отраженных от датчика импульсов. Информационные отражательные ВШП находятся в 4-х лотах, в каждом из которых предусмотрено 4 положения (слоты). Расстояние между слотами равно 0,8 мм, а расстояние между лотами равно 1,6 мм. В каждом лоте предусмотрен только один отражатель, который располагается в одном из 4-х слотов [2].



Рис. 1. – Конструкция датчика температуры

Приемопередающий встречно-штыревой преобразователь (ВШП) выполнен, как и в предыдущих случаях, однонаправленным с внутренними отражателями [3]. Ширина электродов в нем выбрана равной 2–1 мкм, а межэлектродные зазоры равны 0,8 мкм. При этом ВШП эффективно излучает поверхностные акустические волны (ПАВ) только вправо в диапазон частот 860–880 МГц (центральная частота равна 870 МГц). Отражатели состоят из двух ВШП с числом электродов, равным 3. Расстояние между этими ВШП выбирается таким образом, чтобы суммарный коэффициент отражения от них возрастал по мере удаления от приемо-передающего ВШП. Это позволяет сделать отраженные импульсы близкими по амплитуде, так как по мере распространения амплитуда ПАВ убывает из-за отражения от предыдущих отражателей [4].

Подложка LiNbO<sub>3</sub> с выполненными на ней ВШП и отражателями располагается на поликоровой подложке с размерами 19,9x23,9x0,5 мм [1]. Как показано на рисунке 2 подложка располагается таким образом, чтобы обеспечить минимальную длину золотых проводников, соединяющих шины ВШП с выводами для антенны. К выводам антенны припаиваются проводники из медной проволоки диаметром 0,5 мм и длиной 8 см, чтобы получилась антенна в виде полуволнового вибратора, длина которого равна половине длины электромагнитной волны [5]. В данном случае это составляет 16 см. Для уменьшения размеров антенны необходимо будет использовать более сложные виды антенн, выбор которых составляет достаточно сложную задачу, которая должна стать предметом отдельной разработки.

Для герметизации подложки используется металлическая крышка размером 20x6, которая приклеивается к поликоровой подложке таким образом, чтобы углы корпуса совпали бы с маленькими прямоугольниками, выполненными на поликоровой подложке. Так как клей является изолятором, то крышка не сможет замкнуть выводы антенны. Высота крышки должна быть не менее 1 мм, чтобы не замкнуть золотые проводники.

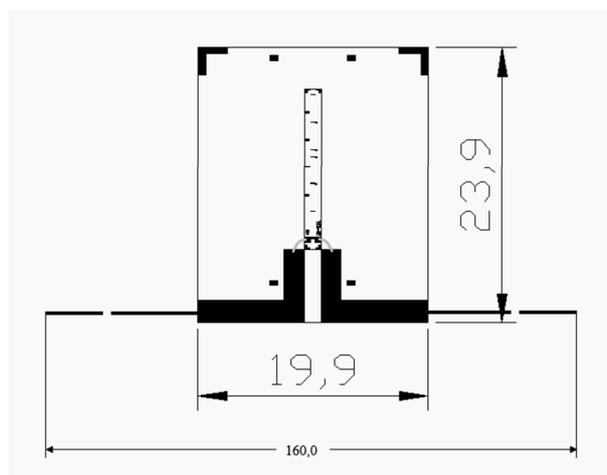


Рис. 2. – Датчик на плате с антенной

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

На рисунке 3 показана фотография такого датчика, из которой видно, что датчик герметично закрыт металлической крышкой, которая приклеена к плате из поликора. Таким образом, что между крышкой и токопроводящими шинами имеется слой клея, чтобы не замыкать их. Импульсные отклики получались в результате преобразования частотных характеристик параметра  $S_{11}$  антенны в виде полуволнового вибратора на центральную частоту 870 МГц с длиной четверть волновых вибраторов по 8 см. Корпусированные датчики-метки с аналогичной антенной располагались параллельно антенне, подсоединенной к измерительному прибору на расстоянии 2 см. В этом случае сигнал от прибора излучается антенной, подсоединенной к прибору, и принимается антенной датчика-метки. Так как эта антенна подсоединена к приемо-излучательному ВШП датчика-метки, то он преобразовывается в ПАВ и, отражаясь от ПАВ отражателей, с определенной задержкой попадает опять на приемо-передающий ВШП и излучается антенной датчика-метки, попадая на антенну, подсоединенную к измерительному прибору. Задержанные сигналы интерферируют с основным сигналом на этой антенне, что и приводит к изрезанности частотной зависимости параметра  $S_{11}$  как показано на рисунке 4. Число точек в приборе ИККП «обзор-103» было выбрано равным 2097, что вполне достаточно, чтобы не пропустить все максимумы и минимумы на частотной зависимости параметра  $S_{11}$ .

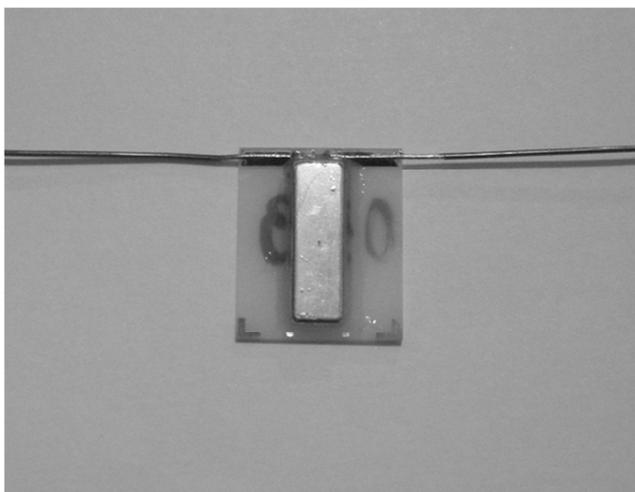
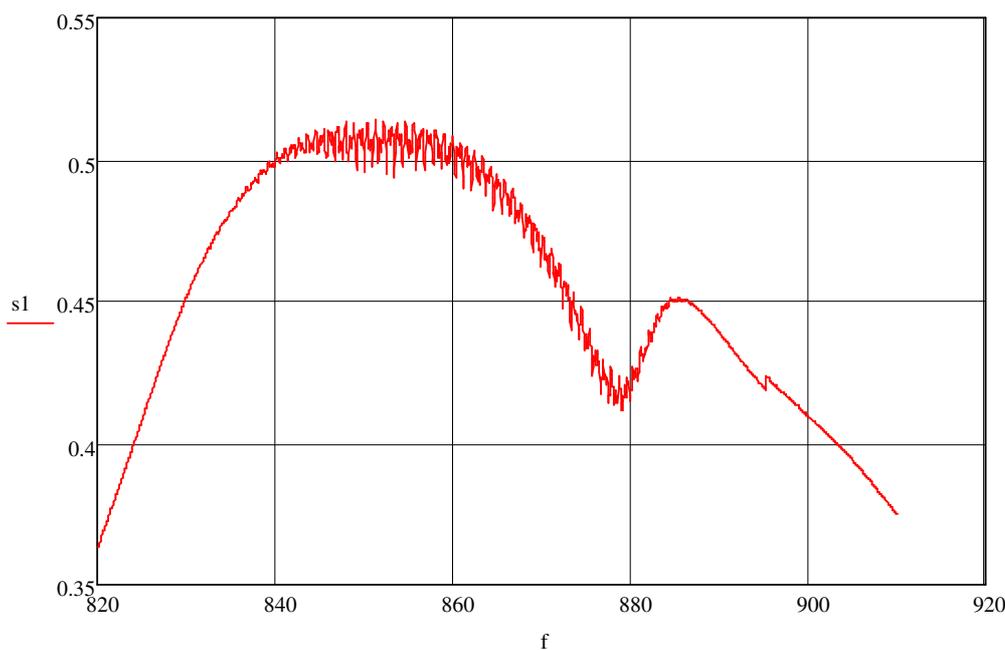
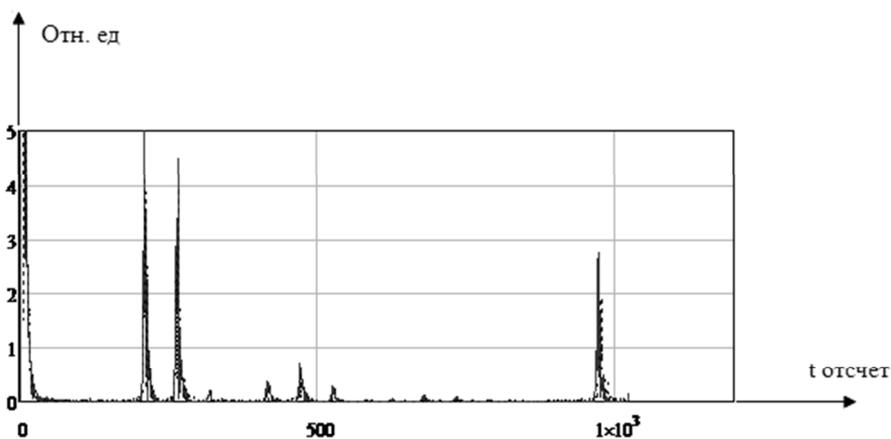


Рис. 3. – Фотография корпусированной метки с антенной



**Рис. 4.** – Частотная зависимость параметра  $S_{11}$  антенны в виде полуволнового вибратора, подсоединенной к измерительному прибору

На рисунке 5 показаны импульсные отклики датчика-метки при разных температурах. По горизонтальной оси отложено число отсчетов, причем один отсчет равен 6 нс. Видно, что при нагревании отклик от последнего отражателя смещен вправо относительно отклика, измеренного при комнатной температуре, на 8 отсчетов. При расстоянии между опорным и последним импульсами в 860 отсчетов. На рисунке 6 показан фрагмент импульсного отклика. Таким образом, при изменении температуры на 50 градусов задержка изменилась на 0,9%. Для повышения точности необходимо увеличить число отсчетов между отраженными импульсами. Так, например, при числе между импульсами равном 1200 смещение отраженного импульса может возрасти до 12 отсчетов. Такое число отсчетов соответствует расстоянию между отражателями равному 15 мм, что дает возможность поместить такой датчик метку в корпус длиной 20 мм.



**Рис. 5.** – Импульсные отклики датчика-метки при комнатной температуре  $-20^\circ\text{C}$  (сплошная кривая) и при температуре  $70^\circ\text{C}$  (пунктирная кривая)

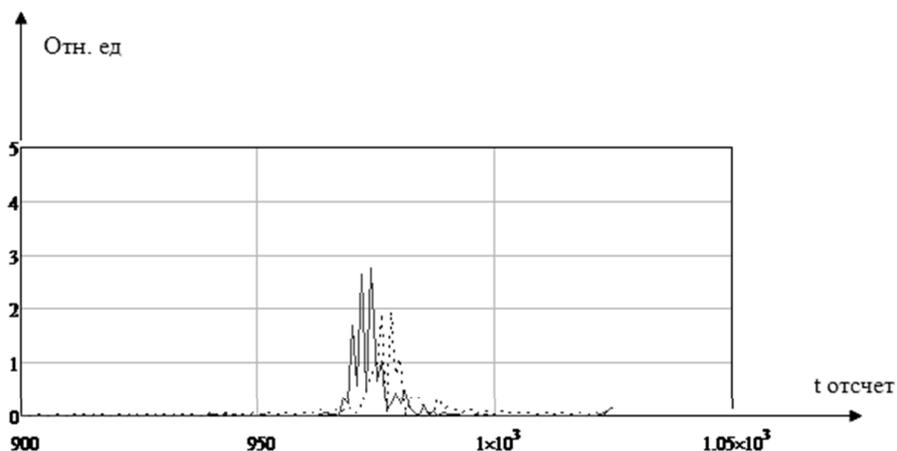


Рис. 6. – Фрагмент импульсного отклика датчика-метки с кодом 98 при комнатной температуре  $-20^{\circ}\text{C}$  (сплошная кривая) и при температуре  $70^{\circ}\text{C}$  (пунктирная кривая)

На рисунке 7 показан импульсный отклик датчика метки, когда расстояние между датчиком и антенной прибора равно 30 см.

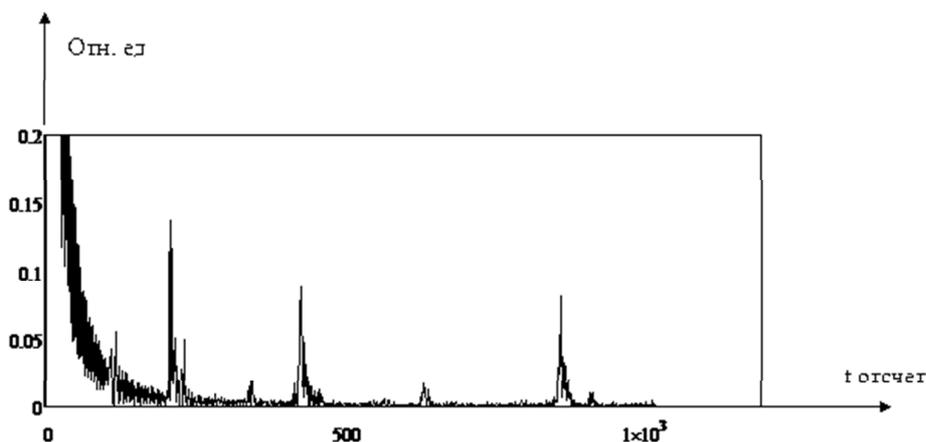


Рис. 7. – Импульсные отклики датчика-метки при комнатной температуре на расстоянии 30 см от антенны

Таким образом, в ходе выполнения работы были получены следующие результаты: амплитуда сигнала уменьшилась в 33 раза по сравнению с амплитудой отраженного сигнала при расстоянии 2 см между антенной прибора и датчиком; мощность на выходе прибора равна 2,5 мВт, что соответствует при сопротивлении 50 Ом 0,33 В., таким образом, при мощности на выходе прибора в 250 мВт дальность может вырасти в 10 раз и достичь 3м, а при использовании антенны в виде полуволнового вибратора это расстояние может быть увеличено еще в 3–4 раза.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. №2195069 Российская Федерация Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн, на изобретение [Текст] / Г.Я. Карапетьян, С.А. Багдасарян, Н.А. Багдасарян – опубл. 20.12.2002. – Бюл. №35.
2. Технология полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники. В 10 кн.: Учеб. пособие для ПТУ. Кн. 2. Материалы [Текст] / А.И. Курносов. — М.: Высш. шк., 1989. – 96с.:ил.
3. Джексон, Р. Г. Новейшие датчики [Текст] / Р.Г. Джексон; перевод с английского под ред. В.В. Лучаника. – М.: Изд-во «Техносфера», 2007.

4. Фильтры на поверхностных акустических волнах (расчет, технология и применение): Пер. с англ. [Текст] / Под ред. Г. Мэттьюза. – М.: Радио и связь, 1981. – 472 с.: ил.
5. Алексеев, А. и др. Субмикронная контактная металлизация / А. Алексеев, С Александров // Выбор технологии: сетевой журн. – 2009. – Режим доступа: URL: <http://www.nanometer.ru> – 19.02.2014.

## Passive Wireless Tag-Sensor for Temperature Measurement at Technical Parameters Control of the NPP Physical Protection

V.F. Kataev, V.I. Ratushnyj, A.F. Chernozhukova, Zh.A. Khvan

*Volgodonsk Engineering Technical Institute  
the Branch of National Research Nuclear University  
«MEPhI», 73/94 Lenin St., Volgodonsk, Rostov region, Russia  
347360 e-mail: VITikafFizME@mephi.ru*

**Abstract** – In work the temperature detector on the superficial and acoustic waves (SAW), the principle of its work, possibility of reduction of an error in measurement is considered, development of temperature detectors with the combined system of identification is carried out. Sensors can be used for technical parameters control of the NPP physical protection.

*Keywords:* superficial and acoustic waves, interdigital transducer counter, passive temperature sensor, NPP.

### REFERENCES

- [1] Pat. №2195069 Rossijskaja Federacija Odonapravlennyj preobrazovatel' poverhnostnyh akusticheskikh voln, na izobretenie [Patent № 2195069 Russian Federation Unidirectional converter of the superficial acoustic waves, on the invention] / G.Ja. Karapetjan, S.A. Bagdasarjan, N.A. Bagdasarjan – opubl. 20.12.2002 [published 20.12.2002]. Bjul. №35. [Bulletin № 35] (in Russian)
- [2] Kurnosov A.I. Tehnologija poluprovodnikovyh priborov i izdelij mikroelektroniki. V 10 kn.: Ucheb. posobie dlja PTU. Kn. 2. Materialy [Technology of semiconductor devices and products of microelectronics. In 10 books: Educational grant for technical training college. Book 2. Materials]. M. Pub. Vyssh. shk. [The higher school], 1989, 96p. (in Russian)
- [3] Dzhekson R.G. Novejshie datchiki [The latest sensors] / perevod s anglijskogo pod red. V.V. Luchanika [translated from English, edited by V.V. Luchanik]. M. Pub. Izd-vo «Tehnosfera» [Publishing house "Technosphere"], 2007. ISBN 978-5-94836-111-6 (in Russian)
- [4] Filtry na poverhnostnyh akusticheskikh volnah (raschet, tehnologija i primenenie): Per. s angl. [Filters on superficial acoustic waves (calculation, technology and application): Translation from English.] / Pod red. G. Mjettjuza [Edited by G. Mettyuz]. M. Pub. Radio i svjaz [Radio and communication], 1981, 472 p. (in Russian)
- [5] Alekseev A., Aleksandrov S. Submikronnaja kontaktnaja metallizacija [Submicronic contact metallization]. Vybor tehnologii: setevoj zhurn [Technology choice: the network journal]. 2009. Available at: <http://www.nanometer.ru> (in Russian)