

Г. Я. КАРАПЕТЬЯН, В. Ф. КАТАЕВ

Россия, г. Волгодонск, Институт термоэлектричества  
E-mail: kvf@volgodonsk.ru

Дата поступления в редакцию  
30.01—30.08 2006 г.

Оппонент к. т. н. Ю. Э. ПАЭРАНД  
(ДонГТУ, г. Алчевск)

## ПАССИВНЫЙ ДАТЧИК НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ

*Применение пассивных датчиков позволяет отказаться от передатчиков и источников питания, применяемых в настоящее время с активными датчиками, работающими по радиосигналу.*

Проблема беспроводного дистанционного контроля физических параметров (давления, температуры, влажности, напряженного состояния, радиационного фона) в настоящее время решается с помощью различных датчиков по радиосигналу, т. е. к датчику при-дается радиопередатчик, который и осуществляет беспроводную передачу информации от датчика. Но для передатчика требуется источник питания, который по мере необходимости заменяют. Вместе с тем датчик может быть установлен в труднодоступном месте или в условиях, когда для замены источника питания необходимо останавливать работу объекта, что не всегда возможно.

Цель настоящей работы — получение датчиков в виде пассивных устройств, не требующих источника питания. Такой датчик может быть установлен в труднодоступном или опасном месте лишь однажды.

Предлагаемый датчик представляет собой (рис. 1) линию задержки (ЛЗ) на поверхностных акустических волнах (ПАВ), содержащую один встречно-штыревой преобразователь (ВШП1), соединенный с антенной, и другой — ВШП2, соединенный с нагрузкой  $Z$ , величина которой зависит от измеряемого параметра (давления, влажности, температуры, интенсивности излучения).

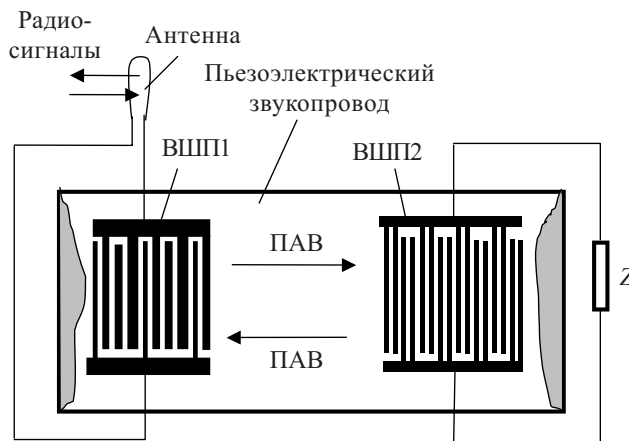


Рис. 1. Конструкция датчика физической величины

Коэффициент отражения ПАВ от ВШП определяется выражением

$$K_{\text{отр}} = \frac{G_a}{G_a + j\omega C_T + B_a + Y}, \quad (1)$$

где  $G_a$  — активная составляющая проводимости излучения ВШП;  
 $\omega = 2\pi f$ ;  
 $f$  — частота;  
 $C_T$  — статическая емкость ВШП;  
 $B_a$  — реактивная составляющая проводимости излучения ВШП;  
 $Y = 1/Z$ .

При этом значения  $B_a$  и  $G_a$  определяются по формулам [1, с. 99—100]

$$G_a \approx 8f_0 k^2 C_T N \left( \frac{\sin X}{X} \right)^2;$$

$$B_a \approx 8f_0 k^2 C_T N \left( \frac{\sin 2X - 2X}{2X} \right);$$

$$X = \pi N \frac{(f - f_0)}{f_0};$$

$$C_T = \omega N C,$$

где  $f_0$  — частота акустического синхронизма ВШП,

$$f_0 = \frac{V_{\text{ПАВ}}}{\lambda};$$

$V_{\text{ПАВ}}$  — скорость ПАВ;

$\lambda$  — период ВШП;

$k$  — коэффициент электромеханической связи;

$N$  — число пар электродов (периодов) ВШП;

$C$  — емкость одноволновой секции ВШП.

Как видно из выражения (1), при изменении величины нагрузки коэффициент отражения ПАВ от ВШП меняется. Это приводит к изменению величины и фазы отраженного от ЛЗ радиосигнала, что позволяет оценить величину нагрузки, а по ней и величину исследуемого параметра. Зависимость коэффициента отражения от величины внешней нагрузки будет особенно сильной, если нагрузка имеет индуктивно-емкостный вид, т. е.

$$Z = j(\omega L - \frac{1}{\omega C}), \quad (2)$$

где  $L$  — индуктивность. В этом случае

$$Y = 1/Z = j \frac{1}{\omega C (\omega^2 L^2 + 1/\omega^2 C^2)} - j \frac{\omega L}{\omega^2 L^2 + 1/\omega^2 C^2}.$$

При надлежащем подборе индуктивности можно скомпенсировать собственную емкость ВШП в выражении (1), и тогда величина коэффициента отражения начинает сильно зависеть от величины емкости, особенно если величина  $G_a$  меньше или близка к величине емкости составляющей проводимости излучения  $\omega C$ .

В эксперименте была использована ЛЗ на ПАВ, в которой ВШП расположены на подложке  $YX/128^\circ$ -срезы ниобата лития. Приемопередающий ВШП был выполнен однонаправленным [2] с апертурой, равной 80 длинам ПАВ на центральной частоте, и содержал 17 отражателей. Отражательный ВШП содержал 15 пар расщепленных электродов. Расщепленные электроды были выбраны для устранения отражения ПАВ от электродов ВШП (в противном случае формула (1) будет несправедлива, т. к. в ней не учтено отражение от каждого штыря в отдельности). Расстояние между ВШП было равно 4 мм, а центральная частота составляла 645 МГц. Амплитудно-частотная характеристика ЛЗ показана на рис. 2.

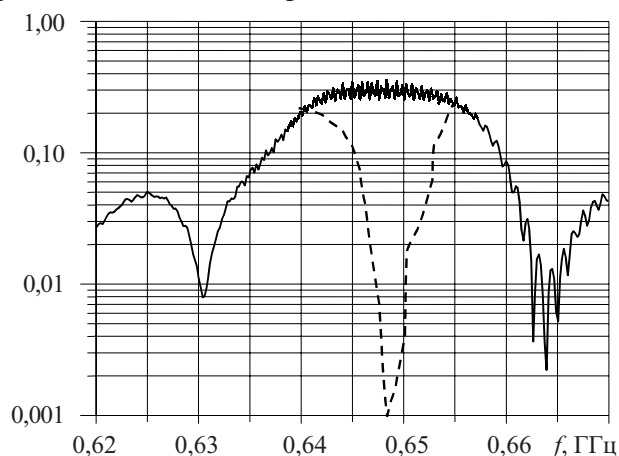


Рис. 2. АЧХ линии задержки

Отражательный ВШП может быть нагружен на последовательно соединенные индуктивность и емкость. В качестве емкости был выбран варикап, емкость которого могла изменяться под действием управляющего напряжения. Кроме того, в ЛЗ еще расположен приемный ВШП, который аналогичен отражательному. В этом случае отражательный ВШП оказывается расположенным между приемопередающим и приемным ВШП, и можно измерять коэффициент прохождения —

$$K_{\text{прох}} = 1 - K_{\text{отр}}, \quad (3)$$

а по нему судить о коэффициенте отражения.

Пунктирной линией на рис. 2 показана АЧХ ЛЗ, когда ненагруженный отражательный ВШП находит-

ся между двумя другими ВШП. Как видно из рисунка, более 90% энергии ПАВ не доходит до приемного ВШП, и как следует из выражения (3),  $K_{\text{отр}}$  имеет значение более 90%.

При подсоединении к отражательному ВШП последовательно соединенных индуктивности и варикапа можно, регулируя напряжение на варикапе, добиться такого положения, что провал на АЧХ почти полностью исчезает, т. е. изменением емкости достигается глубокая (более 90%) модуляция коэффициента отражения. При этом напряжение на варикапе изменяется в пределах 1,5—2 В, т. е. глубина модуляции изменения емкости получается не более 50%. Если емкость будет меняться под действием внешних воздействий (давления, температуры, влажности, радиации), то очевидно, что эффект будет тот же: коэффициент отражения будет изменяться, фиксируя изменение внешнего воздействия.

Использование в ЛЗ однонаправленных ВШП [2] позволяет довести вносимые потери до 3 дБ, т. е. отраженный от ЛЗ сигнал при 100%-ном отражении ПАВ от ВШП будет по мощности всего в 2 раза меньше, чем падающий на ЛЗ радиосигнал. Использование дециметрового диапазона (400—1000 МГц) позволяет изготовить приемопередающую антенну малогабаритной и осуществлять контроль параметров на расстоянии в несколько сот метров в зависимости от мощности сигнала, падающего на антенну.

Разработка таких датчиков, устанавливаемых однажды и не требующих питания, позволит:

- создать системы беспроводного дистанционного контроля физических параметров (давления, температуры, влажности, радиационного фона) в труднодоступных местах, позволяющие осуществлять комплексный мониторинг напряженного состояния и ресурсной способности (наличие трещин, расслоений, дефектов и т. п.) узлов и конструкций, а также безопасности обслуживающего персонала, посетителей и др.;

- создать системы беспроводного непрерывного получения и обработки информации о напряженном состоянии и прочности конкретных узлов и инженерных конструкций ответственного назначения в течение длительного времени;

- создать системы беспроводного дистанционного контроля параметров (давление, температура, влажность) различных биологических объектов с целью обеспечения их безопасности.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Морган Д. Устройства обработки сигналов на поверхностных акустических волнах. — М.: Радио и связь, 1990.
2. Пат. 2195069 России. Однонаправленный преобразователь поверхностных акустических волн / Г. Я. Карапетьян, С. А. Багдасарян. — 2002. — Бюл. № 35.