

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. ПАЗРАНД
(ДонГТУ, г. Алчевск)

ПАССИВНЫЙ ДАТЧИК НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ

Применение пассивных датчиков позволит 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 бес- проводную 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 не- обходимо останавливать работу объекта, что не все- гда возможно.

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

Предлагаемый датчик представляет собой (рис. 1) линию задержки (ЛЗ) на поверхностных акустиче- ских волнах (ПАВ), содержащую один встречно-шты- ревой преобразователь (ВШП1), соединенный с ан- тенной, и другой — ВШП2, соединенный с нагрузкой Z , величина которой зависит от измеряемого пара- метра (давления, влажности, температуры, интен- сивности излучения).

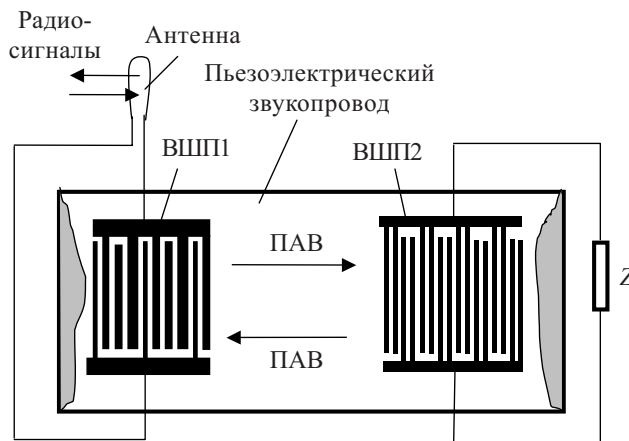


Рис. 1. Конструкция датчика физической величины

Коэффициент отражения ПАВ от ВШП определяет- ся 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 форму- лам [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;

λ — период ВШП;

k — коэффициент электромеханической связи;

N — число пар электродов (периодов) ВШП;

C — емкость одноволновой секции ВШП.

Как видно из выражения (1), при изменении ве- личины нагрузки коэффициент отражения ПАВ от ВШП меняется. Это приводит к изменению величины и фазы отраженного от ЛЗ радиосигнала, что позво- ляет оценить величину нагрузки, а по ней и величину исследуемого параметра. Зависимость коэффици- нта 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 ωC .

В эксперименте была использована ЛЗ на ПАВ, в которой ВШП расположены на подложке $YX/128^\circ$ -срезе 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.

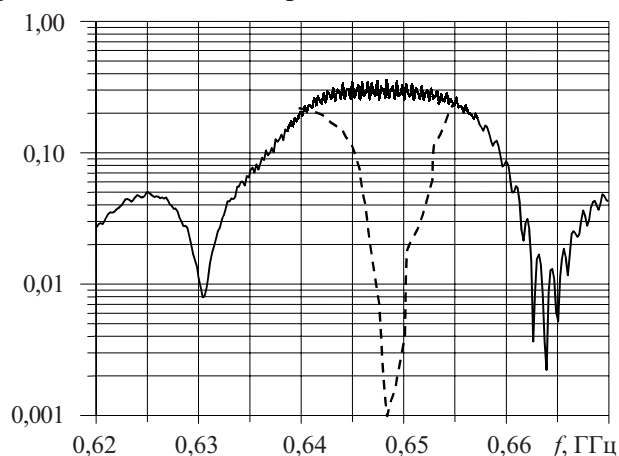


Рис. 2. АЧХ линии задержки

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 находится

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.