

А.Ф.КОЗАК, Д.А.КОСТЮК, *Ю.А.КУЗАВКО
УО «БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

*УО «ПОЛЕССКИЙ АГРАРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
НАН Беларуси»
Брест, Беларусь

Отражение непрерывных и импульсных акустических сигналов от границы раздела сред изучено достаточно подробно. Однако, отражение акустической волны от среды, обладающей заметной дисперсией скорости и сильным поглощением (диссипацией) звука в ней, в зависимости от воздействия внешних факторов (температуры, давления, поля) не рассматривалось и представляет научный и практический интерес.

Если в материалах, составляющих слоистую структуру, отсутствует дисперсия звука, то отражение (преобразование) всех частотных составляющих импульсного сигнала от раздела сред происходит согласно классическим формулам Френеля, которые являются частотно независимыми, и следовательно спектр преобразованных сигналов не меняется [1]. В рассматриваемом нами случае, в силу существования дисперсии скорости звука в среде, разные частотные составляющие импульсного сигнала при его падении на границу раздела сред преобразуются различно, и соответственно этому спектры отраженного от границы и прошедшего ее сигналов изменяются [2, 3].

Приведем выражение для амплитудного коэффициента нормального отражения непрерывной продольной акустической волны от плоской границы твердотельного звукопровода с диссипативно-дисперсионной средой (ДДС) [2]:

$$R_{\omega} = \frac{u'_{01}}{u_{01}} = \frac{1 - \tilde{\varepsilon}}{1 + \tilde{\varepsilon}}, \quad (1)$$

где u'_{01}, u_{01} – соответственно амплитуды отраженной и падающей волн, $\tilde{\varepsilon} = \varepsilon(1 - \chi i)^{1/2}$, $\varepsilon = Z_2/Z_1$, $\chi = \omega/\omega_c$, $Z_1 = \rho_1 s_1$ и $Z_2 = \rho_2 s_{2,0}$ – соответственно акустические импедансы звукопровода и прозвучиваемой ДДС (в отсутствие диссипации, при частоте $\omega \rightarrow 0$), s_1 – скорость продольной волны, $\omega_c = c_2/b_2$ – некоторая эффективная частота, характеризующая ДДС, c_2 – модуль упругости, b_2 – параметр диссипативных потерь, определяемых коэффициентами сдвиговой η и объемной ξ вязкости и коэффициентом теплопроводности χ согласно соотношению $b = \frac{4}{3}\eta + \xi + \chi(c_v^{-1} + c_p^{-1})$, в котором

c_p и c_v – соответственно теплоемкости ДДС при постоянном давлении и объеме.

Эффект аномального отражения ультразвука может быть использован в вискозиметрии, а также при измерении влажности почв, грунтов и сыпучих материалов. Методы и средства акустики ДДС применимы к решению задач твердотельной электроники, в частности микроэлектроники, к исследованию веществ в области их фазовых переходов, так как там всегда имеет место значительное возрастание поглощения акустических колебаний.

Положения акустики ДДС послужили основой для разработки приборного решения акустического спектрального анализа – дешевого, компактного и несложного в обращении устройства, позволяющего по заложенным в его центральный процессор градуировочным кривым определять характеристики ДДС, такие как влажность, вязкость, концентрацию конкретных веществ и т.д. Предусматривается возможность сохранения результатов исследования с последующей передачей их в ЭВМ для более подробного анализа, наличие средств ЖК-индикации и минимально достаточной клавиатуры.

В ряде случаев для генерации импульсов УЗ частоты достаточных, для прозвучивания ДДС требуется большое мощное устройство, выдающее электрические импульсы амплитудой до 60 вольт. Поэтому для большей универсальности и для сохранения мобильности устройства было принято решение об использовании отдельного модуля генератора. Рабочий частотный диапазон 1-10 МГц.

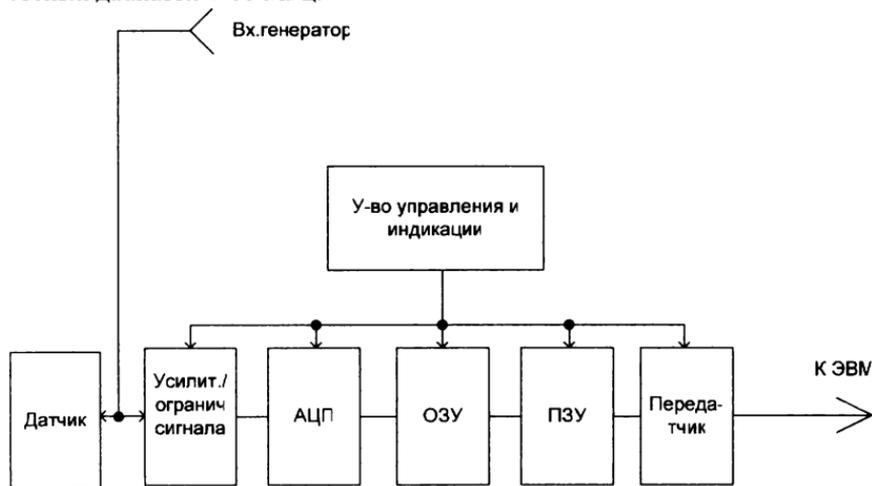


Рис. 1. Структура устройства

Устройство включает в себя (рис. 1) датчик, усилитель/ограничитель сигнала, аналогово-цифровой преобразователь, оперативную и постоянную

память, передатчик и блок управления/индикации. Высокоскоростной АЦП обеспечивает оцифровку считанного импульса с необходимой частотой дискретизации для сохранения сначала в ОЗУ, а затем в ПЗУ, где данные хранятся до передачи в ЭВМ. Устройство управления и индикации управляет работой системы и синхронизирует процессы оцифровки сигнала и передачи информации внутри устройства и в ЭВМ. В качестве управляющего ядра устройства был выбран микропроцессор Atmel C8051F000. Для реализации клавиатуры задействованы 4 клавиши, подключенные напрямую к линиям ввода-вывода процессора.

Поскольку объем интерактивно вводимой и выводимой информации в портативном модуле небольшой, использован двухстрочный символьный индикатор фирмы AMPIRE на базе контролера Hitachi HD44780, позволяющий отображать названия и величины контролируемых параметров. На входе устройства предусмотрена гальваническая развязка цепи на базе оптрона, во избежание повреждения схмотехники устройства высоковольтным импульсом генератора.

Датчик представляет собой пьезокерамическую пластину определенной толщины, рассчитанную на заданную частоту ультразвукового сигнала. Для обеспечения резонанса на заданной частоте параллельно преобразователю подключается индуктивность [3].

Использование разработанного устройства позволяет проводить диагностику труднодоступных объектов, не прибегая к использованию большого и громоздкого оборудования, осуществлять в реальном масштабе времени контроль за ходом технологического процесса, в котором участвуют ДДС, проводить полевые измерения параметров поглощающих сред.

Авторы благодарны БРФФИ (Т06М-227), ГППНИ «Снижение рисков ЧС» и МО РБ за финансовую поддержку исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акустические спектроскопические методы и средства диагностики материалов и веществ / В. П. Данилевский [и др.] // *Материалы, технологии. инструменты.* – № 3. – Т. 8. – 2003. – С. 104-112
2. Костюк, Д. А. Аномалии граничного отражения ультразвука от диссипативной среды. / Д. А. Костюк, Ю. А. Кузавко // *Письма в ЖТФ.* – 2001. – Т. 27. – вып.23. – С. 31-40.
3. Костюк, Д. А. Аномальное отражение продольного ультразвука от сильно диссипативной среды / Д. А. Костюк, Ю. А. Кузавко // *Инженерно-физический журнал.* – 2004. – Т. 77, № 5, с. 161 – 169

E-mail: kuzavko@newmail.ru