DOI: 10.17117/na.2015.11.04.253

Поступила (Received): 25.11.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.11.04.253.pdf>**Величко М.А.****Времяпролетный теплоточный расходомер газа
с датчиками на основе алмазоподобных пленок****Velichko M.A.****TOF gas flow meter on thermal marks with diamond-like sensors**

В статье рассмотрено использование алмазоподобных пленок для создания нового газового термоанемометра. Показана схема времяпролетного расходомера и описан процесс генерации и приема коротких тепловых импульсов. Указаны преимущества расходомеров газа на основе АПП по сравнению с современными промышленными аналогами, использующими другие технологии

Ключевые слова: АПП, поток газа, расходомер, датчик расхода, объемный расход, тепловые метки, времяпролетный, теплопередача, анемометр, керамическая подложка, метрология, наноматериалы

The article deals with the use of diamond-like films in creation of the new thermal anemometer of gas. The scheme of TOF flow meter is shown, the process of short thermal pulses generation and receiving is described. The advantages of DLF gas flow meters over modern industrial analogues that use other technologies are mentioned

Key words: DLF, gas flow, flow meter, sensor, volume flow, thermal marks, TOF, heat transfer, anemometer, ceramic substrate, metrology, nanomaterials

Величко Максим Андреевич

Кандидат физико-математических наук, доцент
Белгородский национальный исследовательский университет
г. Белгород, ул. Победы, 85

Velichko Maxim Andreevich

Candidate of Physico-mathematical Sciences,
Associate Professor
Belgorod national research university
Belgorod, Pobeda st., 85

Алмазоподобные кремний-углеродные пленки (далее АПП) относятся к широкому классу материалов, вызывающих все возрастающий интерес у исследователей. Интерес обусловлен перспективностью применения пленок, обладающих такими свойствами, как простота и дешевизна синтеза, высокая адгезия к широкому ряду материалов (металлы, окислы, кристаллические и аморфные диэлектрики, все полупроводниковые материалы, керамика, пластики), химическая и коррозионная стойкость, низкий уровень остаточных упругих напряжений, твердость, низкий коэффициент трения, экологическая чистота. Важным моментом является также и то, что технологическими методами удается получать покрытия со значениями электрического сопротивления, управляемо изменяемыми в широких пределах, от 10^{14} Ом·мм²/м (диэлектрик) до 10^{-4} Ом·мм²/м («плохой» металл). Подобный набор свойств позволяет прогнозировать широкую востребованность данных материалов в объектах техники.

Одним из перспективных направлений применения АПП является метрология, в частности создание датчиков объемного расхода на основе АПП. Нами было разработано несколько типов датчиков, среди них времяпролетный теплоточный.

На рис. 1. показана упрощенная схема времяпролетного расходомера. Внутри трубопровода с помощью специальных креплений монтируется измерительный зонд. В корпус зонда устанавливается измеритель скорости потока газа, представляющий собой тонкую керамическую пластину с расположенными на ней тремя керамическими подложками. Каждая подложка также содержит клеммы для проводов.

**Рис. 1. Схема теплоточного
времяпролетного расходомера**

На первую подложку наносится алмазоподобная пленка с очень высоким коэффициентом теплопроводности. Она служит передатчиком теплового импульса. На две другие подложки, выполняющие роль приемников теплового излучения, наносятся АПП, легированные никелем. Они располагаются почти вплотную друг к другу на расстоянии 2-5 мм от передатчика.

На передатчик подается короткий токовый импульс, приводящий к быстрому нагреву АПП. Благодаря высокому коэффициенту теплопроводности тепло от АПП почти мгновенно передается распространяющемуся по трубопроводу газу в небольшой окрестности передатчика (рис. 2). Далее этот тепловой импульс («тепловая метка») переносится со скоростью потока в сторону приемников.

Рис. 2. Распределение температуры в зонде через 0,2 секунды после импульса длительность 0,1 секунды, сопротивление нагревателя 4 Ом, амплитуда импульса 0,5А, расход 0,01 м³/ч, диаметр зонда 20 мм (расчет с помощью математической модели в программе FlowVision)

Рис. 3. Измерение времени прохождения тепловой метки

Когда тепловая метка доходит до легированной никелем АПП на приемнике, пленка быстро нагревается, что приводит к росту ее электросопротивления. После прохождения сигналов определяются пики изменения сопротивления на каждом из приемников (для уменьшения влияния параметров среды). По разнице времени между пиками (рис. 3) определяется скорость потока и, соответственно, объемный расход газа.

Расходомеры газа на основе АПП имеют ряд преимуществ по сравнению с современными промышленными аналогами, использующими другие технологии. Главным их достоинством является широкий диапазон измеряемого расхода. Так нижний предел расхода располагается в районе 0,005 м³/ч. Подобными показателями сегодня могут похвастать только ротационные и турбинные расходомеры, минусом которых является надежность и необходимость регулярного технического обслуживания из-за наличия вращающихся механических элементов.

© 2015, Величко М.А.

*Времяпролетный теплометочный расходомер газа
с датчиками на основе алмазоподобных пленок*

© 2015, Velichko M.A.

*TOF gas flow meter on thermal marks with diamond-
like sensors*