

ТРАДИЦИОННАЯ ОПТОАКУСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА С КОНДЕНСАТОРНЫМ МИКРОФОНОМ В КАЧЕСТВЕ АКУСТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА

Темралиева Мадина Алыбековна

студент, Астраханский государственный технический университет, РФ, г. Астрахань

Аннотация. Рассмотрена традиционная оптоакустическая система с конденсаторным микрофоном в качестве акустического датчика. Представлен ее принцип работы, указан способ повышения чувствительности с помощью более гибкой мембраны. Преимущества мембранных микрофонов по сравнению с камертонами и консольными микрофонами. Однако современные мембранные электрические и конденсаторные микрофоны достигли теоретического предела чувствительности, что определило необходимость использования более сложных методов для измерения еще более низких концентраций и в малых объемах вещества.

Ключевые слова: оптоакустическая система; конденсаторный микрофон; анализ газа; мембранный микрофон.

В традиционных оптоакустических системах в качестве чувствительного элемента используется конденсаторный микрофон.

Принцип работы конденсаторного микрофона основан на свойстве конденсатора изменять электрическую емкость в зависимости от расстояния между его пластинами. [1]

В конденсаторном микрофоне одна из пластин подвижна и является мембраной. Она выполнена из тончайшего материала, с целью сделать ее как можно более легкой. Как правило, используется пластиковая пленка, на которую наносится тонкий слой золота или никеля. Вторая же пластина неподвижна. Звуковое давление, воздействуя на мембрану, заставляет ее двигаться в направлении второй пластины, что сокращает расстояние между ними и, как следствие, вызывает изменение емкости конденсатора. Электрический ток, возникающий вследствие этого, и есть сигнал, описывающий звуковую волну.

Для создания электрического поля между двумя пластинами, необходимого для работы конденсатора, могут использоваться два способа: внешний источник (батарея или фантомное питание) или же покрытие одной из пластин поляризованным материалом (такие микрофоны называют электретными). На рисунке 1 представлен конденсаторный микрофон.

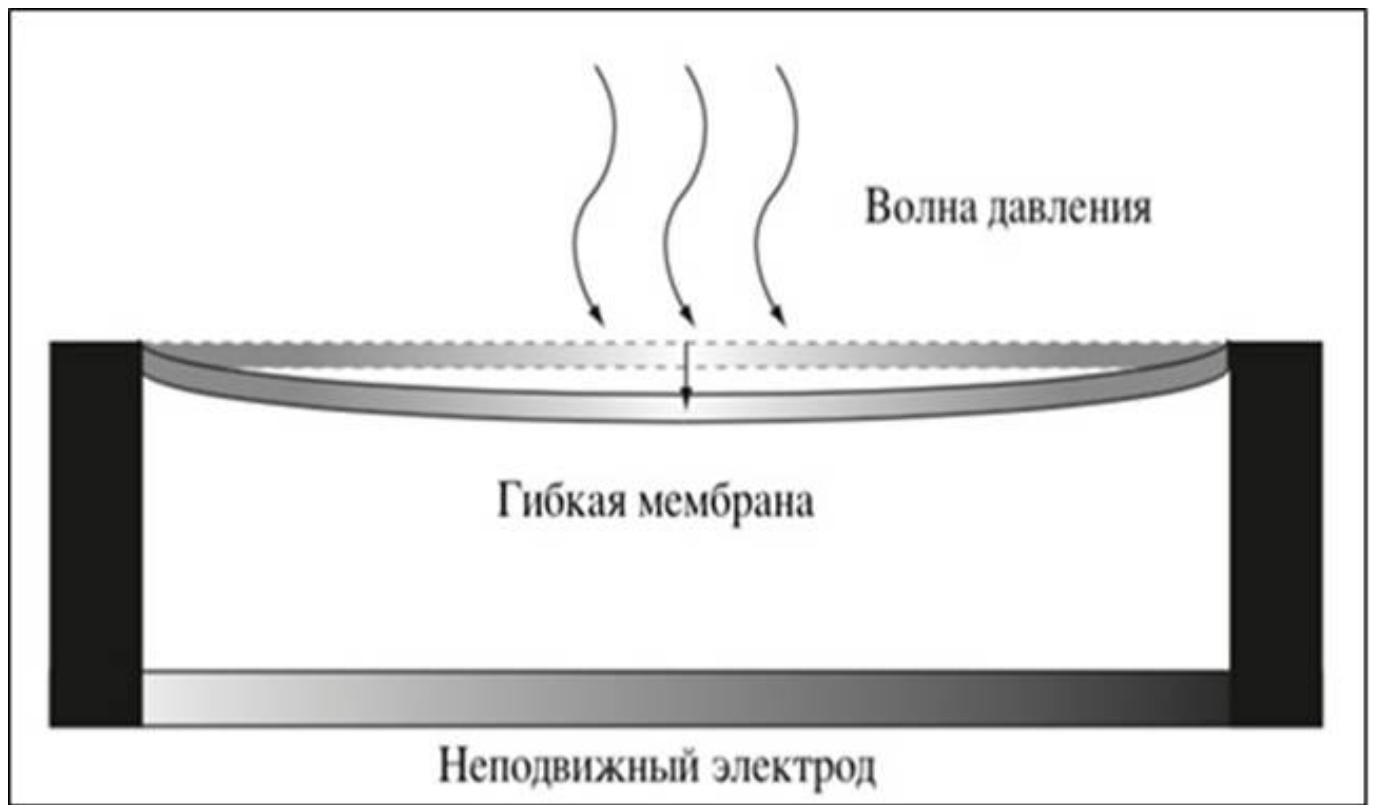


Рисунок 1. Конденсаторный микрофон

Емкость C мембранного микрофона рассчитывается по формуле:

$$C = \varepsilon \varepsilon_0 \frac{A}{d}, \quad (1)$$

где ε – диэлектрическая проницаемость диэлектрика;

ε_0 – диэлектрическая постоянная;

A – площадь пластины;

d – расстояние между пластинами.

И изменение емкости ΔC при изменении расстояния на Δd :

$$\Delta C = -\varepsilon \varepsilon_0 \frac{A}{d^2} \Delta d, \quad (2)$$

Чтобы повысить чувствительность микрофона, общая площадь должна быть как можно больше, а расстояние - как можно меньше. Уменьшение расстояния обычно является более

эффективным методом, поскольку изменение емкости пропорционально $\frac{\Delta d}{d^2}$ и только прямо пропорционально A . Размер электродов обычно ограничен областью применения.

Газ внутри микрофона должен быть сжат или удален через небольшие отверстия в конструкции. Сжимающий газ действует как газовая пружина, которая снижает чувствительность мембранных микрофонов. Уменьшение начального расстояния между электродами увеличит чувствительность, но также увеличит коэффициент сжатия газовой пружины, поскольку относительное изменение объема будет больше при равном смещении мембраны.

Чувствительность также можно повысить с помощью более гибкой мембраны. Это может быть достигнуто путем утончения мембраны или подбором материала. В дополнение к чувствительности, этот метод увеличит нелинейность микрофона, так как более гибкая мембрана более восприимчива к радиальному растяжению.

Материал мембраны также должен будет выдерживать большие напряжения, иначе она может быть необратимо повреждена. Обычно эти эффекты уменьшают динамический диапазон, поскольку максимальные приложенные давления должны быть ограничены для защиты мембраны. [2]

У мембранных микрофонов высокое выходное сопротивление на низких частотах. Чтобы получить хороший уровень сигнала, необходимо использовать либо усилитель с высоким импедансом, либо высокие частоты модуляции. Чувствительность первого метода ограничена входным шумом усилителя, а второго - релаксационными процессами и теплопередачей через стенки.

Чтобы повысить чувствительность мембранного микрофона, сигнал увеличивается с помощью резонансных полостей, а шум уменьшается с увеличением интенсивности регистрируемого сигнала. Однако недостатком применения резонансных ячеек является большой размер системы.

Реакция коммерческих микрофонов спектрально широка и делает систему уязвимой для внешних шумов. С другой стороны, один и тот же мембранный микрофон можно использовать с различными акустическими полостями, имеющими разные резонансные частоты и модулирующие частоты. Преимущества мембранных микрофонов по сравнению с камертонами и консольными микрофонами заключаются в их широкой доступности и простоте измерения. [3]

Преимущества мембранных микрофонов по сравнению с камертонами и консольными микрофонами заключаются в их широкой доступности и простоте измерения. На рисунке 2 показана традиционная оптоакустическая система с конденсаторным микрофоном.

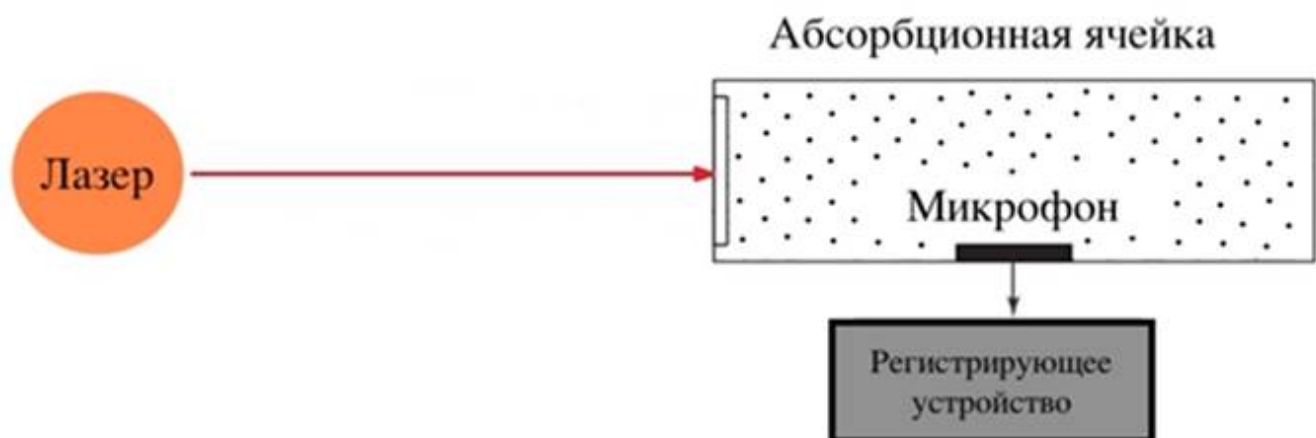


Рисунок 2. Традиционная оптоакустическая система с конденсаторным микрофоном

Однако современные мембранные электрические и конденсаторные микрофоны достигли теоретического предела чувствительности, что определило необходимость использования более сложных методов для измерения еще более низких концентраций и в малых объемах вещества.

Кварцевые камертоны и оптически измеренные микромашинные кантилеверы (миниатюрные балки, выполненные по микромеханической технологии) показали превосходную чувствительность и динамический диапазон по сравнению с этими традиционными микрофонами и заменили их в измерениях с высокой чувствительностью.

Список литературы:

1. Егерев С. В. ОПТОАКУСТИКА // Большая российская энциклопедия. Электронная версия (2016); <https://bigenc.ru/physics/text/2692531> (дата обращения: 13.04.2020).
2. A. Kosterev, F. K. Tittel, D. Serebryakov, A. Malinovsky, and A. Morozov, «Applications of Quartz Tuning Fork in Spectroscopic Gas Sensing» // Rev. of Sci. Instrum. – 2005. – V.76. – P.043105.
3. M. D. Wojcik, M. C. Phillips, B. D. Cannon, and M. S. Taubman, Gas Phase «Photoacoustic Sensor at 8.41 μm Using Quartz Tuning Forks and Amplitude Modulated Quantum Cascade Lasers» // Appl. Phys. B. – 2006. – V.85. – P. 307–313.