

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В МЕДИЦИНСКОМ ОБОРУДОВАНИИ

Андреев Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Abstract: the article describes: 1) what the piezoelectric effect is and its types; 2) how to use it to get an ultrasound for medical appliances, 3) how to increase the intensity of ultrasonic vibrations, 4) and how the piezoelectric effect can occur in the human body.

Пьезоэлектрический эффект (греч. *piezo* – давлению и электричество) – явление, характеризующее возникновение электрической поляризации (индукции) под действием механических напряжений или возникновение деформации под действием электрического поля в некоторых веществах (пьезокристаллах). Если пьезоэлектрическую пластину, вырезанную определенным образом, подвергнуть действию механических напряжений (сжатию, растяжению, сдвигу), то на ее поверхности появляются электрические заряды, обусловленные поляризацией, – это так называемый прямой пьезоэффект; при внесении такой пластинки в электрическое поле возникает ее деформация, линейно зависящая от напряженности электрического поля, – обратный пьезоэффект.

Для получения ультразвука в медицине используют обратный пьезоэлектрический эффект. Суть получения ультразвука заключается в следующем. Если к торцевым поверхностям пластинки из пьезокристалла, вырезанной определенным образом, с помощью электродов приложить переменное электрическое напряжение, то толщина ее будет периодически уменьшаться в соответствии с частотой переменного тока. При уменьшении толщины пластинки в прилегающих слоях окружающей среды образуется разрежение, а при ее увеличении сгущение частиц среды. В результате периодического изменения толщины пластинки, называемой пьезоэлектрическим преобразователем, в среде возникает ультразвуковая волна, распространяющаяся в направлении, перпендикулярном поверхности пластинки. Изменение толщины пластинок из пьезокристаллов весьма невелико, оно пропорционально подводимому электрическому напряжению: $\Delta S = L \cdot U$, где ΔS – изменение размеров пластинки; L – пьезоэлектрический модуль; U – подводимое напряжение.

С целью повышения интенсивности ультразвуковых колебаний используется явление резонанса, что требует учета частоты собственных колебаний вещества. Если частота переменного напряжения, подаваемого на пьезокристалл, совпадает с его собственной (резонансной) частотой, то амплитуда колебаний пластинки будет наибольшей. Соответственно, окажется максимальной и интенсивность ультразвуковых волн, распространяющихся в окружающую среду. В свою очередь, резонансная частота пластинки зависит от ее размеров: чем тоньше пластинка, тем больше ее резонансная частота. Например, для пластинки из кварца толщиной 1 мм резонансная частота соответствует 2,88 МГц, а при толщине 0,5 мм – 5,76 МГц.

Раньше в ультразвуковых терапевтических аппаратах в качестве пьезоэлемента использовали кварцевые пластинки. Сегодня его заменяют керамикой из титаната бария, у которой пьезоэлектрический эффект во много раз выше. Существенный пьезоэффект возникает в костной ткани при наличии сдвиговых деформаций. Причина эффекта – деформация коллагена – основного белка соединительной ткани. Поэтому пьезоэлектрическими свойствами обладают также сухожилия и кожа. При нормальной функциональной нагрузке, а также при отсутствии дефектов в строении кости в ней существуют только деформации сжатия – растяжения и пьезоэффект отсутствует. Когда что-то ненормально и возникает сдвиговая деформация, то возникает пьезоэффект. Он оказывает влияние на постоянно идущие в кости процессы разрушения и созидания и содействует тому, чтобы исчез сдвиг (меняется архитектура и даже форма кости). Указывают два возможных механизма воздействия пьезоэффекта: а) электрическое поле изменяет активность клеток, продуцирующих коллаген, и б) электрическое поле участвует в укладке макромолекул.