

*Л.В. ГЛЕБОВА*, аспирант, НТУ "ХПИ", Харків

### ВЫБОР РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЕМКОСТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ АКУСТИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

В роботі на основі двох законів збудження ультразвукових хвиль в об'єкті контролю смісним способом установлено раціональний частотний діапазон роботи перетворювача з точки зору максимальної амплітуди акустичних коливань на поверхні дослідного зразка.

In this work on the basis of two laws excitation of ultrasonic waves in the object control by capacitive method is establish rational way of the frequency range of the converter in terms of maximum amplitude of acoustic vibrations on the surface samples.

**Введение.** Классический способ возбуждения и приема акустических волн с использованием пьезоэлектрического преобразователя наряду с преимуществами, обладает и рядом недостатков (рабочий частотный диапазон). Альтернативой является применение электромагнито-акустических и емкостных преобразователей (ЕП). Что касается первых, то в последнее время ведутся интенсивные теоретические и экспериментальные исследования в этой области. В случае емкостных преобразователей, фундаментальных теоретических и практических работ по изучению данного способа возбуждения и приема волн в литературе не обнаружено [1]. В работе [2] теоретически и практически доказано, что существует принципиальная возможность возбуждать акустические колебания в трехмерном пространстве ОК емкостным способом (продольная и поверхностная волна) с амплитудой достаточной для его уверенного приема емкостным преобразователем. Задачей данной работы является выбор рациональных режимов работы емкостного преобразователя с целью повышения чувствительности и эффективности энергетических затрат.

#### Основная часть.

При воздействии на поверхность ОК электродинамического поля емкостного преобразователя (ЕП), в объеме образца возникают акустические колебания, вызывающие смещение точек пространства. При этом существует возможность приема данной акустической волны на границе раздела ОК - окружающая среда емкостным, т.е. смещение материальных точек поверхности будет модулировать зазор между обкладками приемного конденсатора.

При этом акустическая волна, распространяющаяся по нормали к плоскости возбуждающего электрода вдоль оси  $z$  подчиняется закону:

$$U_z(z_0, t) = -\frac{\varepsilon\varepsilon_0 U_0 U_{II} \sin \omega t}{16d^2 \pi K_0 z_0} \left[ \frac{7}{3} \cos(k \cdot z_0) - \frac{13}{3} \frac{\sin(k \cdot z_0)}{(k \cdot z_0)} + 2 \cdot \frac{1 - \cos(k \cdot z_0)}{(k \cdot z_0)} - \frac{8}{3} \frac{1}{(k \cdot z_0)^2} \left( \cos(k \cdot z_0) - \frac{\sin(k \cdot z_0)}{(k \cdot z_0)} \right) \right] \cdot S \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды,

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая постоянная,

$d$  – расстояние между обкладками,

$U_0, U_{II}$  – напряжения на обкладках конденсатора,

$K_0$  – коэффициент, который является характеристикой материала образца и выражается через известные параметры, определяющие механические свойства материала;  $K_0 = \rho^2 c$ .

Для точек среды, находящихся на поверхности ОК (плоскость  $x, y$ ) в случае круглого возбуждающего электрода, смещение поверхности симметрично относительно начала координат и выражается формулой:

$$U_z(M) = -\frac{\varepsilon\varepsilon_0 U_0 U_{II} \sin \omega t}{8d^2 \pi K_0} \int_0^r \int_0^{2\pi} \frac{\sin\left(\frac{\omega}{a} r \sqrt{1 - \frac{2R}{r} \cos^2 \varphi}\right)}{r \sqrt{1 - \frac{2R}{r} \cos^2 \varphi}} \frac{1 - \cos\left(\frac{\omega}{a} r \sqrt{1 - \frac{2R}{r} \cos^2 \varphi}\right)}{\frac{\omega}{a} r \sqrt{1 - \frac{2R}{r} \cos^2 \varphi}} d\varphi dr \quad (2)$$

где  $r$  – радиус возбуждающего электрода;

$\varphi$  – параметр интегрирования в цилиндрической системе координат.

Зафиксировав геометрические размеры ЕП и параметры электрического возбуждающего сигнала  $U_{II}=500$  В,  $U_0=500$  В установим зависимости амплитуды акустической волны от частоты возбуждающего поля. На рис.1 показан график зависимости амплитуды продольной волны для частот 2; 5; 10; 20 МГц. Из графиков видно, что частота возбуждающего поля практически не влияет на процесс затухания акустической волны в ОК. При этом, в области малых толщин изделия до 1мм (расстояние до точки наблюдения  $z_0$ ) наблюдается существенное увеличение амплитуды звуковой волны, т.е. обосновывает работу ЕП в области высоких частот.

Аналогично, случай распространения поверхностной волны показан на рис. 2. Проведенный расчет акустического смещения поверхности ОК (стальной образец) при фиксированном возбуждающем давлении  $P_0=10^4$  Па, для частот возбуждающего давления 0,1; 2 МГц и размеров электрода 15x15 мм. Представлен в виде графических зависимостей величин смещения  $U_z$ , которые приведены на рис. 2 а,б соответственно для данных фиксированных частот.

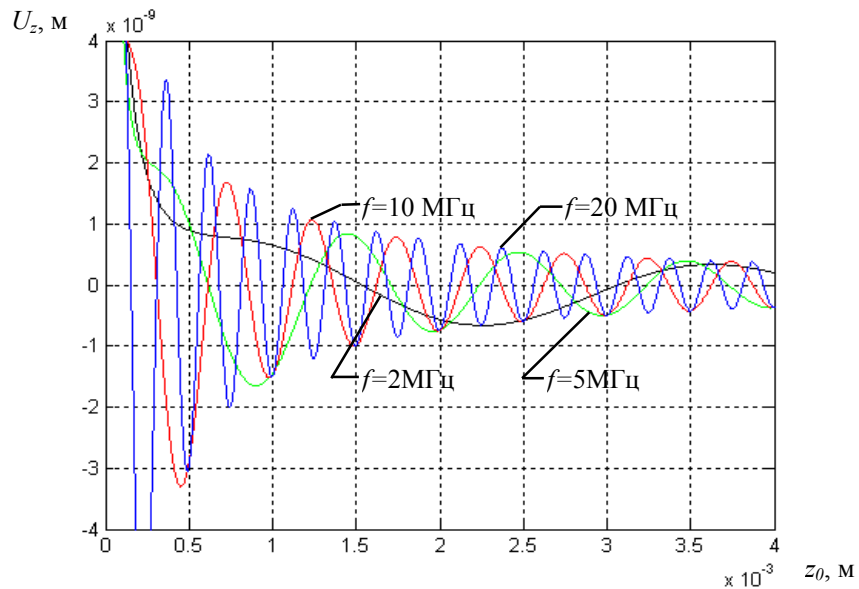


Рис. 1. Графические зависимости величины смещения  $U_z$  для различных значений частоты 2; 5; 10; 20 МГц

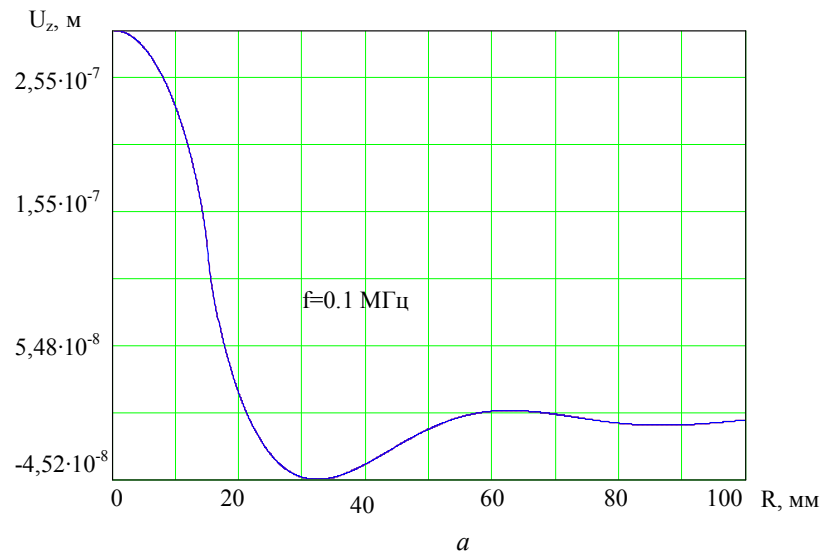


Рис. 2. Зависимость амплитуды акустических колебаний поверхности ОК на частоте 0,1 МГц

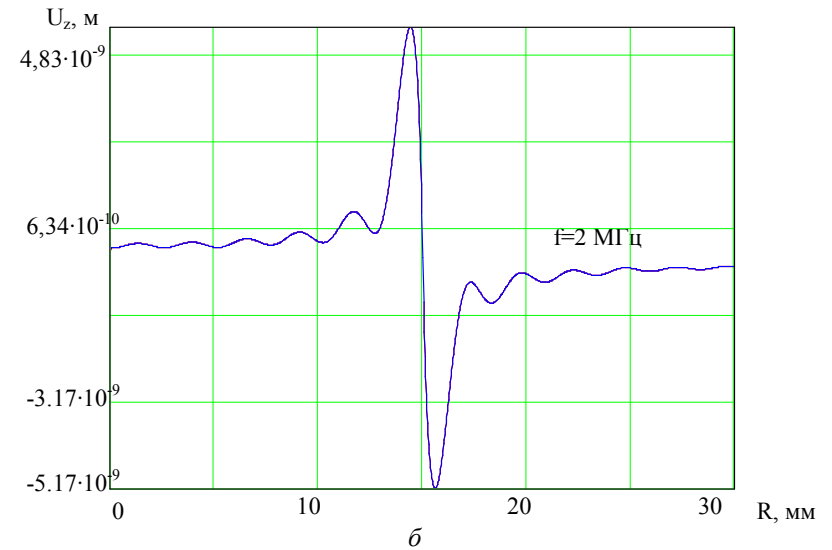


Рис. 3. Зависимость амплитуды акустических колебаний поверхности ОК на частоте 2 МГц

Из графиков видно, что в случае продольной волны максимальные амплитуды смещения точек поверхности сдвигаются в область высоких частот. Для случая поверхностной волны наблюдается обратная картина, с ростом частоты акустическая волна смещается на границу электрода и существенно падает по амплитуде.

В случае приема акустической волны емкостным преобразователем, выходной сигнал будет зависеть только от величины смещения  $U_z$  согласно формуле [2]:

$$U = \frac{U_z \cdot U_{II}}{d} \quad (3)$$

Тогда, из предыдущего анализа можно сделать вывод, что в области высоких частот целесообразно использовать продольные волны и принимать сигнал на обратной стороне ОК. В случае низких частот можно добиться уверенного приема акустической волны возбуждающим ЕП (в режиме приема) путем временного разделения контактов.

**Список литературы:** 1. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7 т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т.3: Ультразвуковой контроль / И.Н. Ермолов, Ю.В. Ланге. – М.: Машиностроение, 2004. – 864 с. 2. Возбуждение коротких упругих импульсов емкостным методом / Ю.Б. Дробот, А.И. Кондратьев, В.А. Луговой // Дефектоскопия. – 1983. – №3 – с.35-37.

Поступила в редколлегию 25.04.11

Поступила в редколлегию 20.05.11