Акустические волны в многослойных структурах

Чередник В.И., Двоешерстов М.Ю., Чириманов А.П., Петров С.Г., *K.Bhattacharjee
Нижегородский государственный университет, Нижний Новгород, *Clarisay, Dallas, Texas, USA

Рассмотрено влияние различных материалов на поверхности пьезоэлектрической подложки на характеристики распространения поверхностных и псевдоповерхностных акустических волн. Сформулированы общие уравнения, в том числе волновые уравнения и уравнения граничных условий, для многослойных систем. Рассмотрены различные материалы, в частности, кристаллические, металлические и непьезоэлектрические диэлектрические слои. Рассмотрения таких произвольных комбинаций не имеется в опубликованных работах.

Получены новые результаты для некоторых конкретных комбинаций подложки и слоев (кварц, ниобат лития, металлы, диэлектрики). Все основные результаты представлены в виде двумерных контурных карт, изображающих зависимости характеристик распространения от двух параметров (например, толщина слоя и угол Эйлера).

Показано, что некоторые комбинации подложки и слоя (слоев) позволяют улучшить некоторые характеристики распространения. В частности, некоторые срезы и ориентации, которые не являются термостабильными, можно сделать таковыми с помощью напыления металлического слоя (например, Al, Ni, Au и другие на YX-кварце). Пьезоэлектрический слой с большим коэффициентом электромеханической связи на пьезоэлектрической подложке с высокой температурной стабильностью позволяет получить устройство с большим коэффициентом электромеханической связи и отличными температурными свойствами. Например, слой ниобата лития на кварцевой подложке позволяет получить коэффициент электромеханической связи почти 4 % при нулевой величине температурного коэффициента задержки (или частоты).

Комбинация металлического и диэлектрического слоев позволяет обеспечить защиту поверхности кристалла от внешних механических, химических и электрических воздействий без существенного ухудшения свойств распространения волны.

Металлический слой позволяет также существенно уменьшить потери распространения псевдоповерхностных волн первого и второго порядка.

Все эти возможности демонстрируются в данной работе.

Сельскохозяйственные науки

Математическая модель сушильной камеры зерновых сушилок

Андрианов Н. М.
Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого, В. Новгород

Оптимизация режимов функционирования сельскохозяйственных зерносушилок требует детального изучения их рабочих процессов. Это возможно путем моделирования процесса сушки. Математическая модель сушильной камеры должна учитывать основные особенности конструкции, состояние слоя зернового материала и, связанные с этим, характерные особенности условий тепло- и массопереноса.

На основе балансовых соотношений получена математическая модель, описывающая нестационарные режимы сушки в сушильной камере зерносушилок с подвижным зерновым слоем (шахтных, барабанных, бункерных и т. п.)

$$\frac{\partial W}{\partial t}+V_3\cdot\frac{\partial W}{\partial x}-k_d\cdot V_3\cdot\frac{\partial^2 W}{\partial x^2}=-k_b\cdot W\cdot J_3,$$

$$\frac{\partial J_3}{\partial t}+V_3\cdot\frac{\partial J_3}{\partial x}-k_d\cdot V_3\cdot\frac{\partial^2 J_3}{\partial x^2}=-\frac{r}{100\cdot c_3}\cdot k_b\cdot W\cdot J_3+$$

$$+\frac{m}{R\cdot c_3\cdot r_3}\cdot k_a^C\cdot\left(1+k_a^V\cdot k_b\cdot W\cdot J_3\right)\cdot(J_T-J_3),$$

$$\frac{\partial J_T}{\partial t}+V_T\cdot\frac{\partial J_T}{\partial x}=-\frac{m\cdot(1-e)}{R\cdot r_T\cdot c_T\cdot e}\cdot k_a^C\cdot\left(1+k_a^V\cdot k_b\cdot W\cdot J_3\right)\times.$$

$$\times(J_T-J_3)$$

Начальные условия:

$W(0,x)=W_0(x)$, $\upsilon_3(0,x)=\upsilon_{30}(x)$, $\upsilon_T(0,x)=\upsilon_{T0}(x)$.

Граничные условия:

$W(t,0)=W_0(t)$, $\upsilon_3(t,0)=\upsilon_{30}(t)$, $\upsilon_T(t,0)=\upsilon_{T0}(t)$,

$W(t,\infty)=W_P$, $\upsilon_3(t,\infty)=\upsilon_T(\infty,L)$

при $W(0,0)=W_0(t)$, $\upsilon_3(0,0)=\upsilon_{30}(t)$.

Здесь: W, υ_3 и υ_T – текущие значения влагосодержания зерна, температуры зерна и температуры теплоносителя; t, x – координаты времени и пространства; V_3 и V_T – скорости перемещения зерна и теплоносителя по сушильной камере; r – скрытая теплота парообразования; c_3 и c_T – удельные теплоемкости абсолютно сухого зерна и теплоносителя; ρ_3 и ρ_T – плотности зерна и теплоносителя; R – эквивалентный радиус зерна; m – коэффициент формы зерновки; ε – скважность зернового материала; k_β, k_δ, k_a^C, k_a^V - модельные коэффициенты.

Построение модели базируется на уравнениях динамики процесса сушки в элементарном слое зерна с последующим переходом к плотному подвижному слою конечной толщины и на их основе к сушильной камере конкретного типа зерносушилки. Уравнения получены при следующих допущениях:

- теплофизические характеристики зерна и теплоносителя постоянны;
- скорости движения зерна $V_з$ и теплоносителя V_T постоянны;
- давление внутри сушильной камеры равно барометрическому;
- пространственные поля температуры и влагосодержания зерна одномерные, измеряемые по