

## УЛЬТРАЗВУКОВОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ

### СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
ГЛАВА 1 ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАСПЫЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ.....	9
1.1 Распыление жидкостей в радиоэлектронной промышленности.....	9
1.2 Распыление жидкостей при производстве топливных элементов.....	12
1.3 Применение технологии распыления жидкостей в медицине..	13
1.4 Применение распыления жидкостей в области нанотехнологий.....	14
1.5 Распыление жидкостей в технологиях химической промышленности.....	14
ГЛАВА 2 ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ.....	22
2.1 Гидравлическое распыление.....	25
2.2 Механическое распыление.....	27
2.3 Пневматическое распыление.....	31
2.4 Электростатическое распыление.....	33
2.5 Проблемы и перспективные способы распыления жидкостей.....	34
2.6 Принцип и физический механизм ультразвукового распыления жидкостей.....	36
2.6.1 Классификация способов ультразвукового распыления жидкостей.....	36
2.6.2 Механизмы каплеобразования при распылении жидкости в слое.....	40
2.6.3 Анализ факторов, влияющих на эффективность ультразвукового распыления.....	43
2.6.4 Структура ультразвукового оборудования для распыления жидкости.....	45
ГЛАВА 3 ВЫЯВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ И РЕЖИМОВ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСПЫЛЕНИЯ.....	48
3.1 Определение оптимальной толщины слоя распыляемой жидкости и амплитуды ультразвукового воздействия.....	49
3.2 Определение параметров излучающей поверхности распылителя.....	71
3.2.1 Определение угла распылителя.....	71
3.2.2 Определение количества и месторасположения отверстий для подачи жидкости на поверхность распыления.....	76
3.3 Теоретические основы управления процессом ультразвукового распыления.....	86
3.3.1 Контроль толщины слоя распыляемой жидкости.....	87
3.3.2 Определение вязкости распыляемой жидкости.....	91
ГЛАВА 4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСПЫЛЕНИЯ.....	93
4.1 Подтверждение кавитационной природы распыления жидкостей.....	93
4.2 Разработка экспериментального стенда для определения оптимальных условий распыления.....	99
4.2.1 Принцип электромеханических аналогов.....	102
4.2.2 Выбор материалов для проведения экспериментальных исследований.....	104
4.2.3 Методика проведения экспериментальных исследований.....	104
4.2.4 Установление зависимостей между измеряемыми электрическими сигналами и характеристиками колебательной системы.....	106

**УЛЬТРАЗВУКОВОЕ РАСПЫЛЕНИЕ ЖИДКОСТЕЙ**

4.3 Определение оптимальных условий ультразвукового распыления.....	112
4.4 Экспериментальное определение зависимости параметров формируемого факела от формы излучающей поверхности ультразвукового распылителя.....	123
4.4.1 Описание лабораторного стенда для проведения экспериментальных исследований.....	123
4.4.2 Полученные результаты и обсуждение.....	126
<b>ГЛАВА 5 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К АППАРАТАМ УЛЬТРАЗВУКОВОГО РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ И УПРАВЛЕНИЕ ИХ РАБОТОЙ.....</b>	<b>130</b>
5.1 Общие требования к аппаратам ультразвукового распыления жидкостей.....	130
5.2 Разработка способа автоматического управления процессом ультразвукового распыления.....	132
<b>ГЛАВА 6 РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСПЫЛЕНИЯ ЖИДКОСТЕЙ.....</b>	<b>136</b>
6.1 Обоснование выбора конструктивной схемы ультразвуковой колебательной системы для распылителей.....	137
6.2 Обоснование выбора ступенчато-экспоненциальной формы концентратора полуволновой колебательной системы для распылителей.....	138
6.3 Проектирование полуволновых пьезоэлектрических колебательных систем для распылителей.....	141
6.4 Разработанные конструкции ультразвуковых колебательных систем для распылителей.....	146
<b>ГЛАВА 7 УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ЭЛЕКТРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ПРИ РАСПЫЛЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ.....</b>	<b>151</b>
7.1 Системы контроля амплитуды механических колебаний и напряжения на колебательной системе для автоматической подстройки частоты.....	152
7.2 Система регулирования амплитуды механических колебаний ультразвукового распылителя.....	167
7.3 Практическая конструкция электронного генератора ультразвукового распылителя.....	172
<b>ГЛАВА 8 РАЗРАБОТКА ПРАКТИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ЖИДКОСТИ.....</b>	<b>173</b>
8.1 Разработка ультразвуковых распылителей для нанесения фоточувствительного слоя на поверхность кремниевой пластины.....	173
8.2 Разработка ультразвуковых распылителей для химико-механического полирования полупроводниковых пластин.....	176
8.3 Разработка ультразвуковых распылителей для конвекционной распылительной сушки.....	180
8.4 Разработка ультразвуковых аппаратов тонкодисперсного распыления высоковязких жидкостей.....	191
8.4.1 Разработка ультразвуковых колебательных систем с частотами до 44 кГц.....	192
8.4.2 Конструкции УЗ преобразователей с резонансными частотами выше 44 кГц.....	194
8.4.3 Конструкции распылительных камер.....	196
8.4.4 Определение оптимальных параметров разработанных распылителей.....	200
8.4.5 Исследование эффективности разработанных распылителей.....	201
8.5 Разработка ультразвукового ингаляционного аппарата.....	205
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>221</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>222</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. Созданные конструкции ультразвуковых технологических аппаратов для распыления жидкостей.....</b>	<b>237</b>