

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ**

**На правах рукописи**

**СВЕТЛИЧНЫЙ ВИТАЛИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ**

**УДК 620.179.147**

**РЕЗОНАНСНАЯ ВИХРЕТОКОВАЯ ДЕФЕКТОСКОПИЯ ТОНКИХ  
НЕФЕРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНОК**

**Специальность 05.11.13 – приборы и методы контроля  
и определение состава вещества**

**Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Научный руководитель  
Хорошайло Юрий Евгеньевич  
кандидат технических наук, доцент**

**Харьков – 2015**

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ, СИМВОЛОВ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ.....</b>	<b>5</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ.....</b>	<b>7</b>
<b>РАЗДЕЛ 1 НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ТОНКИХ ПЛЕНОК</b>	<b>18</b>
1.1 Дефекты тонких неферромагнитных пленок.....	18
1.2. Методы контроля качества тонких неферромагнитных пленок...	26
1.3. Общие принципы построения вихретоковых дефектоскопов.....	31
1.4. Оптимизация параметров дефектоскопов тонких неферромагнитных пленок.....	37
1.5. Выводы.....	41
<b>РАЗДЕЛ 2 МОДЕЛИРОВАНИЕ АПЕРИОДИЧЕСКОГО ЭКРАННОГО ВТП.....</b>	<b>42</b>
2.1. Анализ модели аперидического экранного ВТП.....	43
2.2. Модель аперидического экранного ВТП в режиме нагрузки.....	47
2.3. Модель аперидического экранного ВТП в режиме холостого хода.....	52
2.4. Модель аперидического экранного ВТП в режиме идеального генератора тока.....	63
2.5. Выводы.....	63
<b>РАЗДЕЛ 3 МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ВИХРЕТОКОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ.....</b>	<b>65</b>
3.1. Последовательный резонансный ВТП первого вида.....	65
3.1.1. Режим холостого хода.....	66
3.1.2. Режим нагрузки.....	73

<b>3.2. Параллельный резонансный ВТП первого вида.....</b>	<b>75</b>
<b>3.3. Резонансный ВТП второго вида.....</b>	<b>80</b>
<b>3.3.1. Основная характеристика преобразования резонансного не         экранного ВТП второго вида.....</b>	<b>84</b>
<b>3.4. Полосовой ВТП с последовательным питанием.....</b>	<b>85</b>
<b>3.4.1. Основная характеристика преобразования полосового ВТП.....</b>	<b>92</b>
<b>3.4.2. Основная характеристика преобразования полосового ВТП с         параллельным питанием.....</b>	<b>103</b>
<b>3.5. Выводы.....</b>	<b>108</b>

<b>РАЗДЕЛ 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ВЫЯВЛЯЕМОСТЬ ДЕФЕКТОВ ТОНКИХ НЕФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНОК.....</b>	<b>110</b>
<b>4.1. Влияние величины рабочего зазора и способы его компенсации.....</b>	<b>110</b>
<b>4.1.1. Общие методы ослабления влияния изменения рабочего зазора         ВТП.....</b>	<b>113</b>
<b>4.1.2. Конструктивные особенности индукционных катушек ВТП.....</b>	<b>113</b>
<b>4.1.3. Компенсация влияния изменения рабочего зазора ВТП с         помощью расстроенных контуров.....</b>	<b>115</b>
<b>4.1.4. Компенсация влияния изменения рабочего зазора при         использовании неэкранированных ВТП второго вида.....</b>	<b>119</b>
<b>4.2. Выводы.....</b>	<b>127</b>

<b>РАЗДЕЛ 5 РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНОГО ВИХРЕТОКОВОГО ДЕФЕКТΟΣКОПА, ВЫЯВЛЯЮЩЕГО НЕСОВЕРШЕНСТВО СТРУКТУРЫ ТОНКИХ НЕФЕРРОМАГНИТНЫХ ПЛЕНОК.....</b>	<b>129</b>
<b>5.1 Исследование влияния несплошностей, несовершенства структуры тонких пленок на измеряемые характеристики ВГП.....</b>	<b>129</b>
<b>5.2. Макет дефектоскопа, позволяющего выявлять несовершенство структуры тонких ферромагнитных пленок .....</b>	<b>142</b>
<b>5.3. Выводы.....</b>	<b>144</b>
<b>ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ.....</b>	<b>146</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....</b>	<b>148</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А. ПАТЕНТЫ УКРАИНЫ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....</b>	<b>172</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ДИПЛОМ ВЫСТАВКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА МОЛОДЕЖИ.....</b>	<b>187</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В. АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ.....</b>	<b>189</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г. АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС.....</b>	<b>193</b>