

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ «ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.М. МАШЕРОВА»


Факультет математики и информационных технологий

Кафедра инженерной физики

Допущен к защите:

«4» 06 2018 г.

Заведующий кафедрой

 Е. А. Краснобаев

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ МНОГОСЛОЙНЫМИ  
ПОКРЫТИЯМИ НА ОСНОВЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИКИ**

Специальность 1-30 80 05 Физика

Молодева Анастасия Юрьевна,  
магистрантка

Руководитель:

Волочко Александр Тихонович,  
д-р технических наук,  
профессор

Витебск, 2018

## Содержание

Введение . . . . .	5
<b>1 Общие свойства экранирования. Материалы для экранирования и методы нанесения покрытий . . . . .</b>	<b>6</b>
1.1 Экранирующая способность металлов и сплавов . . . . .	9
1.2 Магнитная проницаемость . . . . .	11
1.3 Материалы для экранирования . . . . .	12
1.4 Методы оценки свойств защитных покрытий . . . . .	16
1.5 Оборудование для нанесения покрытий . . . . .	16
<b>2 Разработка и исследование составов экранирующих покрытий . . . . .</b>	<b>20</b>
2.1 Выбор оптимальных составов покрытий в системе $Ni - Fe$ .	20
2.2 Архитектура прозрачных покрытий на основе металлокерамики	21
2.3 Исследование свойств экранизирующих покрытий . . . . .	25
<b>3 Оборудование и процесс нанесения покрытий . . . . .</b>	<b>31</b>
3.1 Подготовка и активация поверхности пластмассы и стекла . .	32
3.2 Исследования режимов нанесения покрытий . . . . .	36
3.3 Исследования . . . . .	42
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>49</b>
<b>Список использованных источников . . . . .</b>	<b>51</b>

## Реферат

Магистерская диссертация 52 с., 12 рис., 6 табл, 38 источников.

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКРАНИРОВАНИЯ, ПОКРЫТИЯ, МНОГОСЛОЙНЫЕ ПОКРЫТИЯ, МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ЭКРАНИРОВАНИЯ, МАГНИТНАЯ ПРОНИЦАЕМОСТЬ, СОСТАВ ПОКРЫТИЙ, АРХИТЕКТУРА ПОКРЫТИЙ, ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ НАНЕСЕНИЯ, ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ МЕТОД, РЕЖИМЫ НАНЕСЕНИЯ, АКТИВАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ.**

Объект исследования — многослойные покрытия, на основе металлокерамики.

Предмет исследования — архитектура многослойных покрытий, наносимых на пластмассу и стекло.

Цель работы — разработать составы и исследовать свойства экранизирующих покрытий, наносимых на стекло и пластмассу.

Методы исследования: описательно-аналитические, сравнительные, гипотетические, измерительные, экспериментальные.

Элементы новизны: была разработана архитектура многослойных экранирующих покрытий, наносимых на стекло и пластмассу, а так же разработаны методы подготовки поверхности перед нанесением покрытия.

Результаты внедрения: разработка используется в Физико-техническом институте НАН.

Теоретическая и практическая значимость работы: работа помогает применять разработанную архитектуру покрытий на конструктивных деталях различных приборов.

## Введение

В настоящее время, покрытия, которые применяются при экранировании, наносятся на поверхность пластмассы или стекла только одним слоем алюминия или меди. Поверхностное электросопротивление этих металлов составляет порядка 0,1 Ом/квadrat. Экранирующая способность таких покрытий эффективна на частотах электромагнитного поля 100 кГц. На частотах до 1000 Гц покрытия из алюминия или меди вообще не воздействуют на проходящие волны.

Так же, в настоящее время, применяются экранирующие покрытия, наносимые на стекло, которые не обладают достаточно низким поверхностным электросопротивлением и отражение достигает значения 30-50%.

В связи с этими проблемами была поставлена цель: разработать составы и исследовать свойства экранирующих покрытий, наносимых на стекло и керамику.

Для выполнения этой цели были поставлены следующие задачи:

- провести обзор основных методов оценки свойств экранирования;
- провести анализ основных материалов и методов нанесения покрытий;
- оптимизировать составы покрытий на основе  $Ni - Fe$  на пластмассе;
- разработать архитектуру покрытий в системе металл-керамика, наносимых на стекло;
- исследовать основные физико-механические свойства экранирующих покрытий;
- разработать процесс нанесения покрытий.

## Список использованных источников

1. Средства защиты в машиностроении: Расчет и проектирование: Справочник / С.В. Белов, А.Ф. Козьяков, О.Ф. Партолин и др.; Под ред. С.В. Белова. М.: Машиностроение, 1989.— 368с.
2. Полонский Н.Б. Конструирование электромагнитных экранов для РЭА — М.: Советское радио, 1979. — 216 стр.
3. Измерители радиопомех. Под ред. И.А. Фастовского. — М.: Связь, 1973. — 152с.
4. Богущ В.А., Борботько Т.В., Гусинский А.В. и др. Электромагнитные излучения. Методы и средства защиты. — Мн.: Бестпринт, 2003. — 406 с.
5. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования / Под ред. Варламова Р.Г. — М.: Советское радио, 1980. — 480 с.
6. Лагарьков А.Н. и др. Свойства слоистых структур на основе тонких ферромагнитных пленок / Радиотехника и электроника. Журнал Российской Академии Наук. 2009. — Т.54. — № 5. — 625— 633.
7. Левитт Б.Блейк. Защита от электромагнитных полей. О влиянии на организм человека бытовых электроприборов / Издательство: АСТ, Астрель, 2007г.— 448 с.
8. Материалы в приборостроении и автоматике. Справочник / Под ред. Ю.М.Пятина. — М.: Машиностроение, 1982. — 528с.
9. ГОСТ 10994-74 Сплавы прецизионные. Марки
10. ГОСТ 10160-75 Сплавы прецизионные магнитно-мягкие. Технические условия
11. Справочник технолога-оптика / под ред. М.Н.Окатова. СПб: Политехника, 2004. — 679 с.
12. O.Lozano, Q.V.Chen, P.V.Wadekar and ets. / Solar Energy Material and Solar Cells. — 2013. — Т.113. — P.171 — 178
13. Kirikidis G., Moschovis R., Kortidis I., Binas V. / Vacuum. — 2012.— Т.86, №5. — P.495–506.
14. S.Calnan, A.N.Tiwari / Thin Solid Films. — 2011.— Т.518, №7. — P.1839–1849.
15. Отчёт по заданию 4.3.02 ГПНИ «Функциональные и машиностроительные материалы, наноматериалы» (заключительный). 2013. — 65 с.

16. Аброян И.А., Апуринов А.Н., Титов А.И. Физические основы электронной и ионной технологии — М.: Высшая школа, 1984. — 321 с.
17. Модифицирование и легирование поверхности лазерными, электронными и ионными пучками — М.: Машиностроение, 1987. — 425 с.
18. Кузьмичев А.И. Магнитронные распылительные системы — Киев: Аверс, 2008 — 364 с.
19. Voxman R.L., Sanders D.M., Martin P.J., Eds. Handbook of vacuum arc science and technology: fundamentals and applications // Noyes Publications, Park Ridge, N.J., 1995. — 824 p.
20. Лыньков Л.М., Борботько Т.В., Криштопова Е.А. Радиопоглощающие свойства никельсодержащего порошкообразного шунгита / Письма в ЖТФ. — 2009. — Т. 35, вып. 9. — С. 44 — 48
21. Розенберг, Г.В. Оптика тонкослойных покрытий. — М. : Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1958. — 570 с.
22. Шапиро Д.Н. Основы теории электромагнитного экранирования. Л.: Энергия, 1975.
23. Крылов В.А., Юченкова Т.В. Защита от электромагнитных излучений. М.: Советское радио, 1980.
24. Чехович В.В. и др. Рекомендации по снижению напряженности поля на рабочих местах обслуживающего персонала телевизионных и УКВЧМ станций. М.: Связь, 1973.
25. Беляев Б.А., Изотов А.В., Кипарисов С.А., Скоморохов Г.В.. Физика твёрдого тела, Вып.4, т.50, 2008, 650 — 656 с.
26. Федосюк В.И. Многослойные магнитные структуры. Минск: БГУ, 2000, 196 с.
27. Батищев А.Г., Власик К.Ф., Грабчинов С.С. и др. Приборы и методы измерений. 2012, № 1(4), 16 — 23 с.
28. Муравьёв-Смирнов С.С., Батищев А.Г., Власик К.Ф. и др. Машиностроение и инженерное образование. 2011, № 4, 24 — 29 с.
29. Патент РФ №2306367, БИ № 26, 2007. Способ получения аморфных магнитных плёнок Со-Р. Кипарисов С.Я., Беляев Б.А..
30. ГОСТ 9.306-85 Покрытия металлические неметаллические. Обозначения.
31. Мелашенко Н.Ф. Гальванические покрытия диэлектриков. Минск, Беларусь, 1987.

32. Липин Ю.Р., Рогачев А.В., Харитонов В.В., Вакуумная металлизация полимерных материалов. Л.: Химия, 1987.
33. Марков Г.В., Ласкавнёв А.П., Волочко А.Т., и др.// В сб.: Современные методы и технология создания и обработки материалов. Материалы VI международной н.-т. Конференции 14-16 сентября 2011. Минск. Кн.2, с.290 — 293.
34. Смитлз К.Дж. Металлы. Справочник. М.: Металлургия, 1980, 446 с.
35. Калашников С.Г. Электричество. — М.: Наука, 1985.
36. ГОСТ 12635-67 Материалы магнитомягкие высокочастотные. Методы испытаний в диапазоне частот от 10 кГц до 1 МГц.
37. Ларинов Л.Н., Исайчев В.И. Диффузия в металлах и сплавах. Киев: Наукова думка, 1987.
38. Учайкин В.В. Успехи физических наук. 2003, т.173, № 8. С.847–876.