

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

(ВГТУ)

УДК: ~~685.34.036~~:678.01 : <sup>2</sup> <sup>1</sup> 621.37

Утверждаю

№ госрегистрации 20062708

Инв №

Проректор по научной работе

В.В. Пятов

« 11 » 12 2010 г

ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

выполняемой в рамках государственной программы по заданию  
“ Техническая диагностика - 36 ”

**“Разработка электроемкостных методов неразрушающего контроля  
полимерных материалов ”**

- 2006 – Г/Б - 340

Научный руководитель

к.т.н., доц.

8.12.10г А.А.Джежора

Начальник НИЧ

8.12.10г С.А. Беликов

Витебск 2010


## СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы:

К.т.н. 28.12.10  ДЖЕЖОРА А.А. (введение, гл 1-5)

Исполнители:

Д.т.н., доц. 28.12.10  РУБАНИК В.В. (введение)


К.ф.-м.н 28.12.10  САВЧУК В. К. (гл.6)

Ст. преп. 28.12.10  ЗАВАЦКИЙ Ю.А. (программа на  
MARLE X)

Инженер 28.12.10  КУЗЬМИНИЧ А.В. (программ.  
Обеспечение)

Студент 28.12.10  КИСИНА А.И (перевод, обзор)

Аспирант 28.12.10  НАУМЕНКО А.М. (гл.6).

Нормоконтроль 28.12.10  ЛОПАТНЕВА Н.Г.



## СОДЕРЖАНИЕ

|   | стр        |
|---|------------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b>   | <b>6</b>   |
| <b>1. АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ПОДКЛЮЧАЕМЫХ ЧЕРЕЗ ВИРТУАЛЬНЫЙ НОЛЬ</b>            | <b>14</b>  |
| <b>2. ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ РАСХОЖДЕНИЙ МЕЖДУ РАСЧЕТНЫМИ И ИЗМЕРЕННЫМИ ЗНАЧЕНИЯМИ ИМПЕДАНСОВ</b>                      | <b>48</b>  |
| <b>3. МОДЕЛИ НАКЛАДНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КОНДЕНСАТОРОВ С УЧЕТОМ РЕАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ЭЛЕКТРОДОВ</b>                     | <b>57</b>  |
| <b>4. МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАРЯДОВ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА НА ЕМКОСТЬ ЭЛЕКТРОЕМКОСТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ</b> | <b>80</b>  |
| <b>5. СКАНИРОВАНИЕ ПОЛЯ ПО ГЛУБИНЕ КОНТРОЛЯ С ПОМОЩЬЮ ЗЕРКАЛЬНО-СИММЕТРИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ</b>               | <b>85</b>  |
| <b>6 . ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ РАЗРАБОТОК</b>   | <b>91</b>  |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>   | <b>110</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>   | <b>110</b> |
| <b>СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ НАУЧНЫХ РАБОТ</b>  | <b>126</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b>   | <b>130</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б</b>   | <b>136</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ В</b>   | <b>142</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г</b>   | <b>155</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Д</b>   | <b>163</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ Е</b>   | <b>172</b> |

## РЕФЕРАТ

Отчет 186 с., 64 рис., 1 табл., 220 источник, 4 прил.

### ЭЛЕКТРОЕМКОСТНЫЕ ДАТЧИКИ, МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ, НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ, УРОВЕНЬ

Объектом исследования являются электроемкостные датчики для контроля полимерные материалы.

Цель работы – разработка алгоритмов численных и аналитических расчетов электромагнитных полей в гетерогенных и анизотропных средах; построение математических моделей первичных измерительных преобразователей, заполненных гетерогенными и анизотропными средами; разработка методов сканирования поля зеркально-симметричных преобразователе. Исследование влияния зарядов статического электричества на результат неразрушающего контроля полимерных материалов с помощью электроемкостных проходных преобразователей. Моделирование влияния зарядов статического электричества на емкость электроемкостных преобразователей. Исследование влияния экрана подложки на частичные емкости электроемкостных датчиков. Исследование краевого эффекта на торцах и краях электродов. Разработка электроемкостных датчиков цилиндрической формы. Разработка электроемкостных датчиков для систем автоматизированного контроля уровня жидкости. Разработка интеллектуальной электронной книги «Электроемкостные методы и средства неразрушающего контроля»

В ходе выполнения работы были созданы новые подходы в теории расчета основных параметров электроемкостных датчиков. Построены аналитические модели многосекционных накладных измерительных конденсаторов (МНИК) известных как FEF sensors, многосекционных накладных измерительных конденсаторов экранированных плоскими экранами (МЭНИК), зеркально симметричных конденсаторов (ЗСНИК), датчиков с дугообразными электродами.

Разработаны численные методы расчета электрических полей датчиков с учетом реальной толщины электродов. Они основаны на представлении поверхностей электродов в виде двух зеркально-симметричных конструкций, заряженных одноименными зарядами, для которых составляется система интегральных уравнений Фредгольма 1-го рода. В отличие от известных моделей, модели, построенные численными методами, носят более общий, универсальный характер, учитывают реальную толщину электродов.

Разработаны методики определения основных параметров плоских электроемкостных преобразователей (Патент №11238 «Способ определения глубины зоны контроля плоских накладных измерительных конденсаторов»), за счет совмещения зеркально-симметричных конструкций накладных измерительных конденсаторов (НИК).

Написаны программы расчета основных характеристик электроемкостных датчиков, программы моделирования процессов измерения физических параметров.

Созданы новые методики оценки вклада краевых эффектов в рабочие емкости датчиков, методики определения зон контроля для датчиков различных конструкций, методики определения рабочих емкостей датчиков. (Пат. 11238 ВУ, МПК G01 R 27/26).

Разработаны принципы проектирования электроемкостных датчиков.

Разработаны датчики цилиндрической формы, для контроля жидких диэлектриков. Разработаны датчики контроля уровня жидких сред. (Пат. 11930 ВУ, МПК G01 F 23/26, G01 N 27/22, Пат. 12674 ВУ, МПК G01 F 23/22, G01 N 27/22, Пат. 13036 ВУ, МПК G01 F 23/22). Разработана система автоматизированного контроля уровня жидкости.

Разработан диэлькометрический метод контроля влажности текстильных материалов.

Результаты работы опубликованы в 2-х монографиях, 15-ти статьях, 25-ти тезисах докладов. По результатам работы получено 5 патентов на изобретения одно положительное решение о выдаче патента на изобретение, готовится к изданию интеллектуальная электронная книга «Электроемкостные методы и средства неразрушающего контроля».

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матис И.Г. Расчет электрического поля конденсатора при одностороннем расположении электродов / И.Г. Матис // Изв. Акад. наук Латв. ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1965. № 5. С. 77–91.
2. Матис И.Г. Метод и оборудование для определения диэлектрических констант полимерных материалов при одностороннем доступе // Механика полимеров. 1966. №4. С.380-383
3. Матис И.Г. О возможности многопараметрового контроля диэлектрических свойств слоистых полимерных материалов / И.Г. Матис // Изв. Акад. наук Латв. ССР. Сер. физ. и техн. наук. 1968. № 6. С. 60–67.
4. Матис И.Г. Расчет электрического поля системы высокопотенциальных и заземленных ленточных электродов / И.Г. Матис // Изв. Акад. наук Латв. ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1969. № 5. С.120–126.
5. Клотиньш, Э.Э. Исследование характеристик измерительных конденсаторов для неразрушающего контроля диэлектрических свойств полимерных материалов: дис. к.т.н./Э.Э. Клотиньш. – Рига, 1970. –223 л.
6. Матис И.Г. Расчет электростатической емкости ленточных электродов в двухслойной и трехслойной среде / И.Г. Матис, К.Л. Озолс // Изв. Акад. наук Латв ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1971.№ 5. С. 93–101.
7. Матис И.Г. Расчет электростатического поля соосных цилиндрических электродов / И.Г. Матис, К.Л. Озолс // Изв. Акад. наук Латв ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1971.№ 5. С. 102–109.
8. Бергманис К.А. Расчет электрического поля конденсаторов с цилиндрическим диэлектриком / К.А. Бергманис [и др.] //Механика полимеров.1971. №3. С.526–530.
9. Матис И.Г. Расчет электростатической емкости системы знакопеременно заряженных ленточных электродов в двухслойной и трехслойной среде / И.Г. Матис, К.Л. Озолс // Изв. Акад. наук Латв. ССР. Сер. физ.-техн. наук.1972. № 1. С. 110–116.
10. Матис И.Г. Электронно-счетный прибор для измерения диэлектрической проницаемости ИДП-6 / И. Г. Матис // Механика полимеров. 1972. № 4. С. 761–762.
11. Матис И.Г. Использование высокочастотного электромагнитного метода для определения параметров слоистых диэлектриков / И. Г. Матис // Докл. I Всесоюз. межвузовской конф. по электромагнитным методам контроля качества материалов и изделий. М., 1972. С. 131.
12. Матис И.Г. К вопросу определения глубины и ширины зоны материала, контролируемого накладным конденсатором. В кн. Методы и приборы автоматического контроля. // И.Г. Матис. Рига, 1973. Вып. 10. С. 49–59.



13. Штраус В.Д. Возможность автоматизации определения частного спектра диэлектриков методом анализа абсорбционного тока / В. Д. Штраус // Методы и приборы автоматического контроля. Рига, 1975. Вып. 13. С. 77–87.
14. Штраус В.Д. Алгоритм вычисления частотной зависимости составляющих комплексной диэлектрической проницаемости и комплексной податливости / В. Д. Штраус // Механика полимеров. 1977. № 3. С. 524–530.
15. Матис И.Г. Модуляционный способ многопараметрового электроемкостного контроля / И. Г. Матис, Д. Э. Паблакс // Методы и приборы неразрушающего контроля. Рига, 1982. Вып. 6. С. 34–39.
16. Спектрометр комплексной диэлектрической проницаемости: а. с. 1287043 СССР, МКИ G 01 R 27/26 / В.Д. Штраус, А.В. Калниньш, Я.А. Калниньш, Ю.Ю. Ротбахс – № 3906273/24 – 21; заявл. 10.06.85; опубл. 30.01.87 // Бюллетень № 4. 2 с.
17. Емкостная накладная ячейка для измерения диэлектрических характеристик материала: а. с. 1226348 СССР, МКИ G 01 R 27/26 / В.И. Зотов, И.Г. Матис, Х.Э. Слава Х.Э, А.В. Круминьш . № 3803899/24 – 21; заявл. 17.10.84; опубл. 23.04.86 // Бюллетень № 15. С. 174.
18. Матис И.Г. Расчет напряженности электрического поля в проводнике прямоугольного сечения // Изв. Акад. наук Латв ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1971. № 4. С. 70–74.
19. Матис И.Г. Расчет электростатической емкости компланарных кольцевых электродов / И.Г. Матис, К.Л. Озолс // Изв. Акад. наук Латв. ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1971. № 4. С. 61–69.
20. Матис И.Г., Клотиньш Э. Э. Накладные датчики для неразрушающего определения диэлектрических свойств двухслойных сред // Механика полимеров. 1969. № 6. С. 983-987.
21. Матис И.Г. Двухпараметровый контроль диэлектрических свойств двухслойных сред // Изв. Акад. наук Латв ССР. Сер. физ.-техн. наук. 1969. № 1. С. 46–53.
22. Устройство для измерения диэлектрической проницаемости: а. с. 1368816 СССР, МКИ G 01 R 27/26 / К.А. Бергманис, В.И. Зотов. № 4103996/24 – 21; заявл. 05.05.86; опубл. 23.01.88 // Бюллетень № 3.
23. Устройство для определения коэффициента анизотропии по диэлектрической проницаемости: а. с. 342138 СССР, МКИ G 01 R 29/02 / И.Г. Матис, К.А. Бергманис. № 1434948/18 – 10; заявл. 04.05.70; опубл. 14.06.72 // Бюллетень № 19.
24. Измерительный конденсатор для контроля диэлектрических свойств анизотропных материалов: а. с. 287183 СССР, МКИ G 01 R 27/22 / И.Г. Матис. № 1327806/18 – 10; заявл. 05.05.69; опубл. 19.11.70 // Бюллетень № 35.
25. Способ определения анизотропных диэлектрических свойств материалов: а. с. 370513 СССР, МКИ G 01 N 27/22 / И.Г. Матис. № 16375557/26 – 25; заявл. 16.03.71; опубл. 15.02.73 // Бюллетень № 11. 1 с.

26. I. G. Matis. K. A. Bergnianis, and E. E. Klotinsh. Device for measuring permittivity of materials // U.S. Patent No. 3.671.857. 1970.
27. G. Matis. K. J. Bergmanis. and E. E. Klotinsh. Device for measuring permittivity of materials // U.S. Patent No. 3,694,742, 1970.
28. Штраус В.Д. Методики неразрушающего определения диэлектрической проницаемости анизотропных полимерных материалов / В. Д. Штраус // Механика полимеров. 1974. № 4. С. 715–719.
29. V. D. Shtraus. Investigation of curing an epoxy resin by the polarization current method Исследование исправления смолы эпоксидной смолы методом электрического тока поляризации // *Polymer Mechanics*, vol. 14, no. 1, pp. 118-123, 1978.
30. Штраус В.Д. Определение комплексной диэлектрической проницаемости полимерных материалов по поляризационному току. Механика полимеров, 1976, №3, с.507-511.
31. Штраус В.Д. Алгоритм вычисления частотной зависимости составляющих комплексной диэлектрической проницаемости и комплексной податливости // Механика полимеров, 1977, № 3, С. 524-530.
32. Штраус В.Д. Исследование процесса отверждения эпоксидного связующего методом поляризационного тока. Механика полимеров, 1978, № I, с.140-146.
33. Штраус В.Д. Экспериментальные исследования информативности электрических релакционных характеристик к изменению физикомеханических свойств композитов. В кн.: Методы и средства диагностики несущей способности изделий из композитов. Рига; Зинатне, 1983, с.253-258.
34. Штраус В. Д. Исследование информативности диэлектрических спектров для контроля неизотермического отверждения // Механика композитных материалов. – Т. 38, N 2 (2002), с. 269–276.
35. Латишенко В.А., Матис И.Г. Определение повреждаемости органических углепластиков неразрушающими методами контроля. Механика композитных материалов, 1982, № 3, с.523-528.
36. Латишенко В.А., Матис И.Г. Методы и средства изучения повреждаемости композиционных материалов // Разрушения композиционных материалов. - Рига: Зинатне, 1979.-С. 189-195.
37. Матис И. Г. Електроємкостні преобразователи для неразрушающего контроля. Рига: Зинатне, 2-е изд. 1982. - 304с.
38. Матис И.Г. Спектрометрические методы исследования структуры композитных материалов. Обзор // Механика композитных материалов. — 1991. – №2.С. 320-334
39. I. G. Matiss and V. D. Shtrauss. Multi-parameter dielectric relaxation spectrometry for quality control of composites // *NDT International*, vol. 21, no. 4, pp. 266-276, 1988/
40. I. G. Mat is. Methods and means of inspecting the quality of composite materials // *Soviet Journal of Nondestructive Testing*, vol. 27, no. 4, pp. 277-285, 1991.
41. Матис И.Г. Спектрометрические методы исследования структуры композитных материалов. Обзор // Механика композитных материалов. — 1991. – №2.С. 320-334



42. I. G. Matis. Frequency-dependent mathematical models for capacitive transducers. I. Models of heterogeneous media // *Russian Journal of Nondestructive Testing*, vol. 31. no. 4. pp. 257-265, 1995.
43. V. Shtrauss and U. Lomanovskis. Multi-frequency capacitance tomography with linear sensors // *BEC '96. The 5th Biennial Baltic Electronics Conference. Proceedings*, (Tallinn, Estonia), pp. 155-158, 1996.
44. V. Shtrauss. Spectrum analysis and synthesis of relaxation signals // *Signal Processing*, vol. 63, no. 2, pp. 107-119, 1997.
45. S. D. Senturia and C. M. Sechen. The use of the charge-How transistor to distinguish surface and bulk components of thin-film sheet resistance// *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. ED-24. p. 1207. Sept. 1977.
46. R. S. Jachowicz and S. D. Senturia. A thin-film capacitance humidity sensor // *Sensors and Actuators*, vol. 2, pp. 171-186. Dec. 1981.
47. S. D. Senturia, N. F. Sheppard, Jr., H. L. Lee, and D. R. Day. In-situ measurement of the properties of curing systems with microdielectrometry // *Journal of Adhesion*, vol. 15. no. 69. pp. 69-90, 1982.
48. N. T. Smith and D. D. Shepard. Dielectric cure analysis: theory and industrial applications // *Sensors*, vol. 12, pp. 42-48, Oct. 1995.
49. O. Simpson and S. JI. Bidstrup. Modeling conductivity and viscosity changes during epoxy cure using TEJI, DMA, and DSC // *Proceedings of the American Chemical Society. Division of Polymeric Materials: Science and Engineering. Fall Meeting*, vol. 69, no. 3, pp. 451-452, 1993.
50. N. F. Sheppard, D. R. Day, H. L. Lee, and S. D. Senturia. Microdielectrometry // *Sensors and Actuators*, vol. 2, pp. 263-274, July 1982.
51. S. D. Senturia, N. F. Sheppard, S. Poll, and H. R. Appeliian. The feasibility of electrical monitoring of resin cure with the charge-How transistor // *Polymer Engineering and Science*, vol. 21. pp. 113-118. Feb. 1981.
52. S. D. Senturia, C. M. Sechen, and .1. A. Wishneusky. The charge-How transistor: a new MOS device // *Applied Physics Letters*, vol. 30, pp. 106-108. Jan. 1977.
53. 47. N. F. Sheppard, Jr., S. L. Garverick, D. R. Day, and S. D. Senturia. Microdi-electrometry: a new method for in situ cure monitoring // *Proceedings of the 26th SAMPE Symposium*, (Los Angeles, CA), pp. 65-76, Apr. 1981.
54. S. D. Senturia, S. L. Garverick, and K. Togashi. Monolithic integrated circuit implementations of the charge-How transistor oscillator moisture sensor // *Sensors and Actuators*, vol. 2, pp. 59-71, Aug. 1981.
55. S. D. Senturia, .1. Rubinstein, S. .1. Azoury, and D. Adler. Determination of the Held effect in low-conductivity materials with the charge-How transistor // *Journal of Applied Physics*, vol. 52, pp. 3663-3670. May 1981.

56. T. M. Davidson and S. D. Senturia. The moisture dependence of the electrical sheet resistance of aluminium oxide thin films with application to integrated moisture sensors // *International Reliability Physics Symposium. 20th Annual Proceedings*. (New York, NY), pp. 249-252. Mar. 1982.
57. S. L. Garverick and S. D. Senturia. An MOS device for AC measurement of surface impedance with application to moisture monitoring // *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. ED-29, pp. 90-101. Jan. 1982.
58. S. D. Senturia, N. F. Sheppard, Jr., H. L. Lee, and S. B. Marshall. Cure monitoring and control with combined dielectric/temperature probes // *Proceedings of the 28th SAMPE Symposium*, (Anaheim, CA), pp. 851-861. Apr. 1983.
59. T. J. Lewis. The role of electrodes in conduction and breakdown phenomena in solid dielectrics // *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. EI-19, pp. 210—216. June 1984.
60. D. E. Kranbuehl, S. E. Delos, P. Lee, T. P. Jarvie, and S. A. Williams. Dynamic dielectric characterization of thermosets and thermoplastics using intrinsic variables. // *Proceedings of the 29th SAMPE Symposium*, (Reno, NV), pp. 1251-1257, Apr. 1984.
61. N. F. Sheppard, Jr., M. Colin, and S. D. Senturia. A dielectric study of the time-temperature transformation (TTT) diagram of DGEBA epoxy resins cured with DDS. // *Proceedings of the 29th SAMPE Symposium*, (Reno, NV), pp. 1243-125a Apr. 1984.
62. D. R. Day, T. J. Lewis, H. L. Lee, and S. D. Senturia. The role of boundary layer capacitances at blocking electrodes in the interpretation of dielectric cure data in adhesives // *Journal of Adhesion*, pp. 73-90, 1984.
63. D. E. Kranbuehl, S. E. Delos, and E. Yi. Measurement and application of dielectric properties // *SPIE Technical Papers*, vol. 31, no. 311, pp. 73-90, 1985.
64. D. D. Denton, D. R. Day, D. F. Priore, S. D. Senturia, E. S. Anolick, and D. Scheider. Moisture diffusion in polyimide films in integrated circuits // *Journal of Electronic Materials*, vol. 14, no. 2, pp. 119-136. 1985.
65. D. D. Denton, J. B. Camou, and S. D. Senturia. Effects of moisture uptake on the dielectric permittivity of polyimide films // *Proceedings of the 1985 International Symposium on Moisture and Humidity*. (Washington, D.C.), pp. 505-513, Apr. 1985.
66. M. C. W. Coin and S. D. Senturia, "The application of linear system theory to parametric microsensors." in *TRANSDUCERS '85. 1985 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators*, (Philadelphia, PA), pp. 118-121. June 1985.
67. D. D. Denton, S. D. Senturia, E. S. Anolick, and D. Scheider. Fundamental issues in the design of polymeric capacitive moisture sensors // *TRANSDUCERS '85. 1985 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators*, (Philadelphia, PA), pp. 202-205, June 1985.

68. S. D. Senturia. An approach to chemical microsensor packaging // *TRANSDUCERS '85. 1985 International Conference on Solid-State Sensors and Actuators*, (Philadelphia, PA), pp. 198-201, Липне 1985.
69. M. L. Bromberg, D. D. Day. and K. R. Suable. Measurement and application of dielectric properties // *IEEE Electrical Insulation Magazine*, vol. 2, pp. 18-23, May 1986.
70. F. W. Smith. H. J. Neuhaus, S. D. Senturia, Z. Feit, D. Day. and T. Lewis. Electrical conduction in polyimide between 20 and 350°C // *Journal of Electronic Materials*, vol. 16, no. 1, pp. 93-106. 1987.
71. P. D. Aldrich, S. K. Thurow. M. .1. M.Kennon, and M. E. Lyssy. Dielectric relaxation due to absorbed water in various thennosets // *Polymer*, vol. 28. pp. 2289-2296, Dec. 1987.
72. D. R. Day and D. D. Shepard. Dynamic cure and diffusion monitoring in thin encapsulant films // *Nondestructive Monitoring of Materials Properties Symposium* (J. Holbrook and .1. Bussiere, eds.), (Boston, MA), pp. 227-232, Nov. 1988.
73. F. Bellucci, I. Khamis, S. D. Senturia, and R. M. Latanision. Moisture effects on the electrical conductivity of Kapton polyimide // *Journal of the Electrochemical Society*, vol. 137, no. 6, pp. 1778-1784, 1990.
74. K. Nabors, S. Kim, .1. White, and S. Senturia. Fast capacitance extraction of general three-dimensional structures // *IEEE International Conference on Computer Design: VLSI in Computers and Processors*, (Cambridge, MA), pp. 479-484, Oct. 1991.
75. D. R. Day. D. D. Shepard. and K. JI. Craven. A microdielectric analysis of moisture diffusion in thin epoxy/amine films of varying cure state and mix ratio // *Polymer Engineering and Science*, vol. 32, pp. 524-528, Apr. 1992.
76. N. F. Sheppard, Jr. Design of a conductimetric microsensor based on re-versibly swelling polymer hydrogels // *Proceedings of 6th International Conference on Solid-State Sensors and Actuators (Transducers'Ol)*, (San Francisco, CA), pp. 773-776, Липне 1991.
77. N. F. Sheppard, Jr., R. C. Tucker, and C. Wu. Electrical conductivity measurements using micro fabricated interdigitated electrodes // *Analytical Chemistry*. vol. 65, pp. 1998-2002, May 1993.
78. S. D. Senturia. Correlated methods for evaluating polymer properties, interfaces, and adhesion. // *International Journal of Microelectronics Packaging, Materials and Technologies*, vol. 1, no. 1, pp. 43-50. 1995.
79. A. R. K. Ralston. C F. Klein. P. E. Thoma. and D. D. Denton. A model for the relative environmental stability of a series of polyimide capacitance humidity sensors. // *Sensors and Actuators B (Chemical)*, vol. B34. pp. 343-348. Aug. 1996.
80. Скрипник, Ю.А. Измерение толщины диэлектрических материалов / Ю.А. Скрипник // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1980. № 5. С. 106–109.

81. Измеритель толщины полимерных пленок: а. с. 966488 СССР, МКИ G 01 В 7/06. / Н.М. Свиридов, Ю.А. Скрипник, А.М. Свиридов, В.А. Ефремов, А.Н. Ильенко. № 3293047/18-28; заявл. 27.03.81; опубл. 15.10.82. // Бюллетень № 38.
82. Диэлектрические методы контроля свойств материалов и веществ. Сообщение 1 / Ю.А. Скрипник [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1991. № 1. С. 108–114.
83. Диэлектрические методы контроля свойств материалов и веществ. Сообщение 2 / Ю.А. Скрипник [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1991. № 2. С. 118–123.
84. Автоматический контроль толщины полимерных покрытий на тканевой основе / А.Н. Дыков [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1987. № 3. С. 108–114.
85. Кондуктометрический метод контроля технологических растворов и сред / Я.М. Заграй [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1990. № 4. С. 102–107.
86. Измеритель толщины диэлектрических материалов: а. с. 958846 СССР, МКИ G 01 В 7/06 / Н.М. Свиридов, Ю.А. Скрипник, А.М. Свиридов, А.П. Бурмистенков, В.Т. Марченко. № 3251547/18 – 28; заявл. 27.02.81; опубл. 15.09.82 // Бюллетень № 34. 2 с.
87. Устройство для контроля диэлектрических потерь в двухслойных материалах и средах: а. с. 1073679 СССР, МКИ G 01 N 27/22 / Ю.А. Скрипник, Б.А. Иванов, Н.М. Свиридов, В.И. Ручкин, П.Т. Захаров. № 3513382/18 – 25; заявл. 12.11.82; опубл. 15.02.84 // Бюллетень № 6. 1 с.
88. Устройство для контроля многослойных диэлектриков: а. с. 1095101 СССР, МКИ G 01 R 27/26 / Б.А. Иванов, В.И. Ручкин, П.Г. Захаров, И.А. Федорина, Н.Р. Папенко, Н.А. Поколюхин, С.С. Валова. № 3548961/18 – 21; заявл. 08.02.83; опубл. 30.05.84 // Бюллетень № 20. 1 с.
89. Измеритель толщины полимерных пленок: а. с. 1124178 СССР, МКИ G 01 В 7/06 / Ю.А. Скрипник, Н.М. Свиридов. № 3557400/18 – 28; заявл. 21.02.83; опубл. 15.11.84 // Бюллетень № 42. 1 с.
90. Расчет частичных емкостей в трехэлектродных симметричных емкостных преобразователях / М.Г.Струнский [и др.] // Электричество. 1978. № 6. С. 33–38.
91. Расчет частичных емкостей в емкостных преобразователях с учетом формы поперечного сечения контролируемого проводника / М.Г. Струнский [и др.] // Электричество. 1980. № 9. С. 25–32.
92. Грохольский А.Л. Емкостные первичные измерительные преобразователи диаметра неизолированного микропровода. / А.Л. Грохольский [и др.] // Измерение, контроль, автоматизация. М., 1978, Т. 2. С. 16–23.
93. Курбатов В.М. Емкость конденсатора с электродами гребенчатой формы / В.М. Курбатов, Ю.П. Пресняков // Электричество. 1975. № 6. С. 84–86.
94. M. S. Zaretsky and J. R. Melcher. Complex permittivity measurements of thin films using microdi-electrometry // *Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena*. (Claymont, DE). pp. 462-471, Nov. 1986.



95. P. A. von Guggenberg and M. C. Zaretsky. Estimation of one-dimensional complex-permittivity profiles: a feasibility study // *Journal of Electrostatics*. vol. 34. pp. 263-277, Mar. 1995.
96. M. C. Zaretsky, J. R. Melcher, and C. M. Cooke. Moisture sensing in transformer oil using thin-film microdielectrometry // *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. 24. pp. 1167-1176, Dec. 1989.
97. M. C. Zaretsky, P. Li, and J. R. Melcher. Estimation of thickness, complex bulk permittivity and surface conductivity using interdigital dielectrometry // *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. 24. pp. 1159-1166. Dec. 1989.
98. Y. K. Sheiretov and M. Zahn. Dielectrometry measurements of moisture dynamics in oil-impregnated pressboard // *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, vol. 2. pp. 329-351. June 1995.
99. Y. K. Sheiretov and M. Zahn. Dielectrometry measurements of spatial moisture profiles in oil-impregnated pressboard // *IEEE International Conference on Properties and Applications of Dielectric Materials*. (University of Queensland. Brisbane. Australia), pp. 701-704, July 1994.
100. M. C. Zaretsky, L. Mouayad, and J. R. Melcher. Continuum properties from interdigital electrode dielectrometry // *IEEE Transactions on Electrical Insulation*, vol. 23. pp. 897-917. Dec. 1988.
101. M. C. Zaretsky. *Parameter Estimation Using Microdielectrometry with Application to Transformer Monitoring* // Ph.D. Thesis, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1987.
102. A. V. Mamishev. *Interdigital Dielectrometry Sensor Design and Parameter Estimation Algorithms for Nondestructive Materials Evaluation* // Ph.D. Dissertation, Department of Electrical Engineering and Computer Science, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1999.
103. F. Starzyk. Interdigit dielectrometry of water vapour induced changes in granular starch // *Journal of Archives of Materials Science and Engineering* vol. 29. pp. 30-35. Jan. 2008
104. E. S. Kolesar and J. M. Wiseman. Interdigitated gate electrode held effect transistor for the selective detection of nitrogen dioxide and diisopropyl methylphosphonate // *Analytical Chemistry*, vol. 61, pp. 2355-2361, 1989.
105. J. W. Gardner. Intelligent gas sensing using an integrated sensor pair // *Sensors and Actuators B*. vol 26-27, pp. 261-266, 1995-
106. A. V. Mamishev, K. Sundara-Rajan, F. Yang, Y. Q. Du, and M. Zahn. Interdigital Sensors and Transducers // *Proceedings of the IEEE*, vol. 92, no. 5, pp. 808-845, May 2004.
107. Кряжева В.И. Использование компланарных конденсаторов для измерения влажности / В.И. Кряжева, Л.П. Спириденкова // *Материалы XI науч. конф. Восточного Сибирского технологического ин-та. Секция техн. наук. Улан-Удэ, 1973. С. 94-98.*
108. X. Li, A. Zyuzin, and A. V. Mamishev. Measuring Moisture Content in Cookies Using Dielectric Spectroscopy // *IEEE Conference on Electrical Insulation and Dielectric Properties*, 2003.

109. Емкостной датчик: а. с. 1385090 СССР, МКИ G 01 R 27/26 / А.В. Моргунов, А.С. Фомин, С.Г. Степычев, В.А. Игнатов, В.Д. Коржов, Ю.К. Шипалов. № 3673434/24 – 21; заявл. 05.10.83; опубл. 30.03.88 // Бюллетень № 12. С.186.
110. Емкостной датчик для измерения физико-химических свойств рыхлых и сыпучих веществ: а. с. 1182370 СССР, МКИ G 01 N 27/22 / В.В. Анохин, Н.М. Свиридов, В.А. Ефремов, А.М. Свиридов, В.Н. Гладкий, Е.С. Торосян, Т.В. Белая. № 3724621/24 – 25; заявл. 11.04.84; опубл. 30.09.85 // Бюллетень № 36. 163 с.
111. Емкостной влагомер: а. с. 1239577 СССР, МКИ G 01 N 27/22 / Ю.А. Скрипник, Н.И. Свиридов. № 3766564/24 – 25; заявл. 06.07.84; опубл. 23.06.86 // Бюллетень № 23.
112. Способ измерения влажности: а. с. 1165967, СССР МКИ G 01 N 27/22 / В.С. Ройфе, К.Д. Тухарелли. № 3646937/24 – 25; заявл. 29.09.83; опубл. 07.07.85 // Бюллетень № 25. С.152.
113. Емкостная накладная ячейка для измерения диэлектрических характеристик материала: а. с. 1226348 СССР, МКИ G 01 R 27/26 / В.И. Зотов, И.Г. Матис, Х.Э. Слава Х.Э, А.В. Круминьш . № 3803899/24 – 21; заявл. 17.10.84; опубл. 23.04.86 // Бюллетень № 15. С. 174.
114. Dual frequency admittance gouge having improved frequency response unrelated to feedback response time: pat. USA N 3504280, 1970 / R.V. Byrd.
115. Method and apparatus or reducing the effect of process noise in the output signal of a dual frequency material property measuring system: pat. USA N 3496460, 1970 / R.W. Martin
116. Тареев Б.М. Физика диэлектрических материалов / Б.М. Тареев. М.: Энергия, 1973. 328 с.
117. Способ измерения объемного соотношения компонентов двухслойного стеклопластика: а. с. 391498 СССР, МКИ G 01 R 27/28 / А.С. Бернштейн, Н.Н. Каримов, Х.К. Шаков. № 1476704/26 – 09; заявл. 03.09.70; опубл. 25.07.73 // Бюллетень № 31. 1 с.
118. Любутин, О.С. Устройство для автоматического контроля и регулировки распределения стеклонитей в стеклопластике / О.С. Любутин [и др.] // Изв. вузов. Электромеханика. 1966. № 6. С. 681–683.
119. Сеницкий В.А. Неразрушающий контроль стекловолокна и связующего в изделиях из стеклопластика горячего прессования / В.А. Сеницкий // Труды / ЦНИИТ судостроения. 1969. Вып. 88. С. 67–80.
120. Арш Э.И. Высокочастотный автогенераторный контроль в горном деле / Э.И. Арш. М.: Недра, 1974. 190 с.
121. Потапов А.И. Неразрушающий контроль конструкций из композиционных материалов / А.И. Потапов, Ф.П. Пеккер. Л.: Машиностроение, 1974. 190 с.
122. Исследование молекулярной подвижности в эпоксидных полимерах на различных стадиях отверждения в объеме и на границе раздела / Ю.С. Липатов [и др.] // ВМС. – 1971.– №11, С. 2601–2606.



123. Burrell C.M. A dielectric constant method of following the non-stationary state in polymerization / C.M. Burrell, T.G. Majury, H.W. Melville // Proc. Roy. Soc. Ser. A. 1951, Vol. 205, N 1082 P. 309–335.
124. A. Washabaugh, Y. Sheiretov, D. E. Schlicker and N. J. Goldfine. NonContact Capacitive Sensing Dielectrometers for Characterization of Adhesives and Epoxies // ASNT Fall Conf., Indianapolis, IN, USA, pp.155-157, 2000.
125. Anthony J. Bura and Steven C. Roth, Michael McBrearty «In-line dielectric monitoring during extrusion of filled polymers», Review of scientific instruments, Vol. 73, No. 5, pp.2097-2102, May 2002.
126. Богданова Г.С. Влияние термической обработки на диэлектрические свойства и структуру стекол систем  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SrO} - \text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2 - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{BaO} - \text{TiO}_2$ . / Г.С. Богданова, Е.М Орлова., М.Н Павлушкин // Стеклообразное состояние и строение стекла. Ереван, 1974 С. 82–84.
127. Зависимость диэлектрических потерь  $\beta$ -сподулиновых ситалов от их состава и режима термообработки / Г.С. Богданова [и др.] // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1973. Т. 9. С. 2047–2050.
128. Горбова Г.М. Приборы контроля линейных микроперемещений на основе бесконтактных емкостных трехэлектродных первичных измерительных преобразователей Автореф. дисс... д-ра техн наук: 05.11.13 Барнаул, 2003 С.289.
129. Измеритель толщины полимерных пленок: а. с. 966488 СССР, МКИ G 01 B 7/06. / Н.М. Свиридов, Ю.А. Скрипник, А.М. Свиридов, В.А. Ефремов, А.Н. Ильенко. № 3293047/18-28; заявл. 27.03.81; опубл. 15.10.82. // Бюллетень № 38.
130. Диэлектрические методы контроля свойств материалов и веществ. Сообщение 1 / Ю.А. Скрипник [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1991. № 1. С. 108–114.
131. Диэлектрические методы контроля свойств материалов и веществ. Сообщение 2 / Ю.А. Скрипник [и др.] // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. 1991. № 2. С. 118–123.
132. Измеритель толщины диэлектрических материалов: а. с. 958846 СССР, МКИ G 01 B 7/06 / Н.М. Свиридов, Ю.А. Скрипник, А.М. Свиридов, А.П. Бурмистенков, В.Т. Марченко. № 3251547/18 – 28; заявл. 27.02.81; опубл. 15.09.82 // Бюллетень № 34. 2 с.
133. Курбатов В.М. Емкостной преобразователь для измерения толщины тонких диэлектрических слоев / В.М. Курбатов, Ю.П. Пресняков // Измерительная техника. 1974. № 11. С. 69–70.
134. Струнский М.Г. Расчет частичных емкостей в трехэлектродных симметричных емкостных преобразователях / М.Г.Струнский [и др.] // Электричество. 1978. № 6. С. 33–38.
135. Струнский М.Г. Расчет частичных емкостей в емкостных преобразователях с учетом формы поперечного сечения контролируемого проводника / М.Г. Струнский [и др.] // Электричество. 1980. № 9. С. 25–32.

136. Грохольский А.Л. Емкостные первичные измерительные преобразователи диаметра неизолированного микропровода. / А.Л. Грохольский [и др.] // Измерение, контроль, автоматизация. М., 1978, Т. 2. С. 16–23.
137. Baxter Larry K
138. Способ контроля шероховатости электропроводящей поверхности: а. с. 1130735 СССР, МКИ G 01 R 7/34 / В.С. Григорьев, И.И. Воячек, А.С. Глинкин, В.В. Данилов. № 3492053/25 – 28; заявл. 17.09.82; опубл. 23.12.84 // Бюллетень № 47. 1 с.
139. Способ измерения шероховатости и неровности поверхности: а. с. 1019232 СССР, МКИ G 01 B 7/34 / Е.А. Хагемейстер, А.Е. Мишин. № 2923124/25 – 28; заявл. 07.04.80; опубл. 23.05.83 // Бюллетень № 19. 1 с.
140. Нуберт Г.П. Измерительные преобразователи неэлектрических величин.- Л.: Энергия, 1970.- 360 с.
141. Герасимов Н.П., Цейтлин Я.М., Ефремов Ю.П., Шестопалов Ю.Н. Состояние и перспективы развития измерений и размерного контроля геометрических величин Измерительная техника. 1984. 11. С, 14-16.
142. Цейтлин ЯМ. Состояние и перспективы развития измерений геометрических величин. Измерительная техника, 1984.-№ 11 .-С. 14.
143. Цейтлин Я.М. Синтез высокоточных систем измерения геометрических величин в машиностроении при воздействии денормализующих факторов; Автореф. дисс... д-ра техн наук: 05.11.01 НПО ВНИИМ им. Д.И. Менделеева. Л., 1990.- 50 с.
144. D. Q. M. Craig. *Dielectric Analysis of Pharmaceutical Systems*. Taylor & Francis Group. 1995.
145. X. Li. Instrumentation and Inverse Problem Solving tor Impedance Imaging  
Ph.D. Department of Electrical Engineering University of Washington Graduate School, 2006
146. Robert B. McIntosh and Mark E. Casada. Fringing field capacitance sensors for measuring the moisture content of agricultural commodities // *IEEE Sensors Journal*, vol. 8, no. 3. pp. 240-247, March. 2006.
147. P. M. Johnson, D. V. Thiel, and D. A. James. Contributions to the Measured Capacitance by the Dielectric Properties of Water in Insulated Electrode Soil // *Moisture Sensors, Sensors Proceedings of IEEE*, vol. 1, 2002, pp. 495-498.
148. A. V.Saxena et al. Design and fabrication of a MEMS capacitive chemical sensor system // *IEEE Workshop on Microelectronics and Electron Devices*. 14 April.2006.
149. V K. Varadan, V. V. Varadan, and X. Q. Bao. Integration of interdigital transducers. MEMS and antennas for smart structures // *Proc. Smart Electronics and MEMS Conf*/, 1996, pp. 95-106.
150. S. F. Bart, T. A. Lobar. R.T. Howe. J. H. Lang, and M. F. Schlecht. Design considerations for micromachined electric actuators // *Sensors and Actuators*, vol. 14. pp. 269-292. 1988.

151. R. Feinman. Infinitesimal machinery // *Journal of Microelectromechanical Systems*, vol. 2. pp. 170-178, Mar. 1993.
152. A. B. Frazier, R. O. Warrington, and C. Friedrich. The miniaturization technologies: Past, present, and future // *IEEE Transactions on Industrial Electronics*. vol. 42. pp. 423-430. Oct. 1995.
153. J. Fluirman. Microsystems technology: Objectives//*Sensors and Actuators A*. vol. 56. pp. 423-430. 1996.
154. S. D. Sentnria. "The future of microsensor and microactuator design,"\* *Sensors and Actuators A*. vol. 56. pp. 151-166. Mar. 1996.
155. Джашитов В.Э., Панкратов В.М., Барулина М.А. Математическое моделирование датчика давления в условиях механических и тепловых ударов // *Датчики и системы*. – 2009. – № 8 С. 37 – 40.
156. Вавилов В.Д., Вавилов И.В., Долгов А.Н. Робастное управление микросистемным гироскопом // *Датчики и системы*. – 2009. – № 11 С. 17 – 19.
157. A T. J. Plum, V. Saxena and J.R. Jessing. Design of a MEMS Capacitive Chemical Sensor Based on Polymer Swelling // *submitted to IEEE WMED2006*.
158. H. Beving and G. Eriksson. Dielectric-Spectroscopy of Human Blood // *European Journal of Surgery*, pp. 87-89, 1994.
159. K. Asami, T. Yonezawa, H. Wakamatsu, and N. Koyanagi. Dielectric Spectroscopy of Biological Cells // *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, vol. 40, no. 2, pp. 141-145, Aug. 1996
160. Wah On По, S. Krause, C.J. Mc Neil. Electrochemical sensor for measurement of urea and creatinine in serum based on ac impedance measurement of enzyme-catalyzed, polymer transformation // *Analytical Chemistry* 71 (1999) 1940-1946.
161. A. Gusepi-Elie, G.G. Wallace, T. Maisue. Chemical and biological sensors based on electrically conducting polymers // *Handbook of Conductive Polymers 2<sup>nd</sup> Edition*, Marcel Dekker, NY 1998.
162. D. C. Cullen, R. S. Selhi, and C. R. Lowe. Multi-analyte miniature conductance biosensor // *Analytica Chimica Acta* V 231. pp. 33-Ю. 1990.
163. Lcc.Ycnbin et al, The board of trustees university of Arkansas. Methods and systems for determination of contaminants // *International application published under the patent corporation treaty (PCT)*.
164. Balaji Srinivasan et al Mechanical Engineering Bldg., University of Arkansas, Fayetteville, Ar 72701. Simulation Of An Electrical Impedance Based Microfluidic Biosensor For Detection Of E. Coli Cells // *COMSOL Users Conference Boston*, Page 2-3, 2006
165. Штыков С.Н., Русанова Т.Ю. Наноматериалы и нанотехнологии в химических и биохимических сенсорах: возможности и области применения // *Рос. хим. х. (Ж. Рос. хим. Об-ва им. Д.И. Менделеева)*, 2008, т. LII, №2, С. 93-100

166. Метод определения ориентации в полимерных материалах по диэлектрической проницаемости / Н.В. Михайлов [и др.] // *Высокомолекулярные соединения*. 1965. Т. VII, № 3. С. 411–416.
167. M. Marealkova, A. Richter. Method of measurement anisotropy of electrical materials properties // 2 International textile, clothing design conference - Magic World of Textiles, October, 2004.
168. Richter, A.; Odvarka, J.; Marsalkova M.: Device and method of measurement anisotropy of resistivity of materials, TU Liberec, patent application PV 2003-2885, PS 3393CZ, 21.10.2003
169. A. Garg, Y. L. Le Coz, H. J. Greub, R. B. Iverson, R. F. Philhower, P. M. Campbell C. A. Maier, S. A. Steidl, M. W. Ernest, R. P. Kraft, S. R. Carlough. J. W. Perry, T. W. Krawczyk, and J. F. McDonald. Accurate High-Speed Performance Prediction for Full Differential Current-Mode Logic: The Effect of Dielectric Anisotropy // *IEEE Transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems*, V. 18, №. 2, February 1999, P. 212-219
170. Казанцева И.А. Метод измерения электрических параметров анизотропных материалов / И.А. Казанцева [и др.] // *Труды МЭИ*. 1953. Т. 14. С. 211
171. Ашкенази Е.К. Анизотропия конструкционных материалов / Е.К. Ашкенази, Э.В. Ганов. Л.: Машиностроение, 1972. 216 с.
172. Иоссель Ю.Я. Расчет электрической емкости / Ю.Я. Иоссель, Э.С. Качанов, М.Г. Струнский. Л.: Энергия, 1960. 240 с.
173. S. Gevorgian, T. Martinsson, P. L. J. Linner, and E. L. Kollberg. CAD Models for Multilayered Substrate Interdigital Capacitors // *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 44, no. 6, pp. 896-904, June 1996.
174. R. Igreja and C. J. Dias. Analytical Evaluation of the Interdigital Electrodes Capacitance for a Multilayered Structure // *Sensors and Actuators A-Physical*, vol. 112, no. 2-3, pp.291-301, 2004
175. X. B. Li, S. D. Larson, A. S. Zyuzin, and A. V. Mamishev. Design Principles for Multichannel Fringing Electric Field Sensors // *Sensors Journal, IEEE*, vol. 6, no. 2, pp. 434-440, 2006.
176. A. V. Mamishev, B. C. Lesieutre, and M. Zahn. Optimization of Multi-Wavelength Interdigital Dielectrometry Instrumentation and Algorithms // *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*, pp. 408-420, 1998.
177. X. B. Li, S. D. Larson, A. S. Zyuzin, and A. V. Mamishev. Design Principles for Multichannel Fringing Electric Field Sensors // *Sensors Journal, IEEE*, vol. 6, no. 2, pp. 434-440, 2006.
178. Джежора, А.А. Накладные конденсаторы с дополнительным охранным электродом // *Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики: материалы XVI междунар. конф. Ялта, 2008.*
179. Применение метода непосредственного определения напряженности к расчетам плоскопараллельных полей / А.Я. Сочнев [и др.] // *ЖТФ*. –1967. – Т. 37. – С. 454 – 466.



180. Пат. 11930 ВУ, МПК G01 F 23/26, G01 N 27/22, Датчик измерения уровня жидкой или сыпучей среды / Джежора А. А., Рубаник В.В., Савчук В. К., Кузьминич А. В. № а 20071045; заявлено 20.08.2007; Опубл.2009. 06.30, Бюл. «Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы» № 3.
181. Мишин В.А., Медведев Г.В., Шивринский В.Н. Пат 2196966 РФ, G 01 F 23/26. Датчик для измерения уровня жидкости. Бюл. №2, 2003.
182. Джежора А.А. и др. Перспективные технологии и методы контроля. – Витебск.: Изд-во УО «ВГТУ», 2009. – 521 с.
182. Джежора А.А. Электроемкостные преобразователи и методы их расчета / А.А. Джежора. Минск: «Издательский дом «Белорусская наука», 2008. – 351 с.
183. А. А. Джежора Математическая модель способа определения анизотропии с помощью электроемкостного зеркально-симметричного преобразователя / А. А. Джежора, В. В. Рубаник // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2007. - № 3. – С. 33-39.
184. Боднер В.А. Авиационные приборы. - М.: Машиностроение, 1969. - 467 с., стр. 246.
185. Джежора А.А. Расчет емкости датчика с симметричной системой плоских ленточных электродов в случае контроля гетерогенных сред. Ред. журн. Весц. Акадэм. Навук БССР Сер. физ. техн. навук. Мн., 1989. Деп. в ВИНТИ 20.02.1989, № 1099-В89.
186. Метод измерения электрических параметров анизотропных материалов / И.А. Казанцева [и др.] // Труды МЭИ. 1953. Т. 14. С. 211.
187. Ашкенази Е.К. Анизотропия конструкционных материалов / Е.К. Ашкенази, Э.В. Ганов. Л.: Машиностроение, 1972. 216 с.
188. Джежора А. А. Расчет электрических полей зеркально-симметричных накладных измерительных конденсаторов / А. А. Джежора // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. С. - 2009. - N 9. - С. 86-91.
189. Джежора А. А. Зеркально-симметричные измерительные конденсаторы / А. А. Джежора, В. В. Рубаник // Доклады Национальной академии наук Беларуси. – 2006. – Т. 50, N 4. – С. 110-114.
190. Джежора А.А. и др. Перспективные технологии и методы контроля. – Витебск.: Изд-во УО «ВГТУ», 2009. – 521 с.
191. А. А. Джежора Модель накладного измерительного конденсатора / А. А. Джежора, В. В. Рубаник // Весці НАН Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. - 2010. - N 3 - С. 99-103
192. Джежора А. А. Оптимизация конструкции накладного измерительного конденсатора // Вестник Белорусского национального технического университета. – 2010. – N 5. – С. 43-48.
193. Джежора А. А. Расчет математической модели экранированного накладного измерительного конденсатора / А. А. Джежора // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Серыя фізіка-тэхнічных навук. – 2008. – N 1. – С. 63-67.

194. Джежора А. А. Моделирование накладных измерительных конденсаторов в присутствии заземленной плоскости / А. А. Джежора // Метрология и приборостроение.-2010.-N 2(49) – С.38-42
195. Джежора А. А. Дизелькометрический метод определения влажности волокон / А. А. Джежора // Заводская лаборатория. – 2010- N 9, Том 76. – С. 44 – 48.
196. Джежора А. А. Цилиндрический электроемкостной датчик уровня // Датчики и системы. – 2010. – №9. – С.7-11.
197. Джежора А. А. Электроемкостной датчик уровня электропроводящей жидкости / А. А. Джежора, В. В. Рубаник, В. К. Савчук, А.В. Кузьминич // Датчики и системы.-2008.- №12.- С63-69.
198. Джежора А. А. Электроемкостной датчик уровня жидких сред / А. А. Джежора, В. В. Рубаник, В. К. Савчук // Датчики и системы.-2009.- №8- С91-93.
199. Джежора А. А., Рубаник В.В. Краевые эффекты торцах электроемкостных датчиков // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. С. –20010. – N 9. – С.73-75.
200. M. Kirschning and R.H. Jansen. Accurate, Wide Range Design Equations for the Frequency Dependent Characteristics of Parallel Coupled Microstrip Lines // *IEEE Transactions on Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-32, pp. 83-90, January 1984.
201. Способ определения рабочей емкости емкостного датчика: а. с. 391496 СССР, МКИ G 01 R 27/26 / И.Г. Матис. № 1418305/18 – 10; заявл. 24.03.70; опубл. 11.07.73 // Бюллетень № 33.
202. Пат. 13036 ВУ, МПК G01 F 23/22 , Датчик измерения уровня электропроводящей среды / Джежора А. А., Рубаник В.В., Савчук В. К., Кузьминич А. В. № а 20080333; заявлено 21.03.2008; Опубл.2010. 04.30, Бюл. «Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы» № 2.
203. R. Pallas-Areny and J. G. Webster, *Sensors and Signal Conditioning*, 2nd ed., John Wiley Sons., 2001.
204. Пат. 11238 ВУ, МПК G01 R 27/26 , Способ определения глубины зоны контроля плоского накладного измерительного конденсатора / А. А. Джежора, № а 20060325; заявлено 10.04.2006; Опубл.2008. 10.30, Бюл. «Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы» № 5.
205. Джежора А.А. , Рубаник В.В. «Определение ширины зоны контроля электроемкостных преобразователей» Материалы международной конференции «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики», Ялта, 2006г.
206. Джежора А.А. Зеркально-симметричные преобразователи для контроля структуры полимерных материалов/ А.А. Джежора, В.В. Рубаник, «Полимерные композиты и трибология» («Политкомтриб-2007»): материалы междунар. конф. Гомель, 2007. С.30 .
207. Джежора А.А. Разработка методики неразрушающего контроля ортотропных полимерных линейно-протяженных материалов / А.А. Джежора, В.В. Рубаник, «Актуальные проблемы прочности»: материалы междунар. конф. Витебск, 2007. С.332-333 .



208. Нетушил А.В. Электрические поля в анизотропных средах / А.В. Нетушил // Электричество. 1950. № 3. С. 9–10.
209. Джежора А.А. Электрические поля накладных измерительных конденсаторов в ортотропных средах / А.А. Джежора, В.В. Рубаник // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. фіз-тэхн. навук. 2005. № 1. С. 82–86.
210. Медведев А.Г. Разработка и исследование поверхностных емкостных датчиков для измерения уровня топлива; Автореф. дисс... канд-та техн наук: 05.11.01 Ульян. гос. техн. ун-т]. - Ульяновск, 2008. – 235 с.
211. Положительное решение о выдаче патента на изобретение
212. Джежора А.А., Шушкевич В.Л., Щербаков В.В. Способ контроля тонких диэлектрических материалов по толщине. Авторское свид. СССР № 1430859, G01N 27/22, 1988, Бюл. №
213. Джежора А.А. Способ контроля тонких диэлектрических материалов по толщине. – Деп. в ВИНТИ 02.09.1988, № 6832-B88.
214. Сочнев А.В. Применение метода непосредственного определения напряженности к расчетам плоскопараллельных полей. – ЖТФ, 1967, т. 37, с. 454 – 466.
215. Сочнев А.Я. О классе плоскомеридианальных полей, идентичных по геометрической структуре плоскопараллельным полям. – Электричество, 1966, № 10, с. 48 – 52.
216. Способ определения структурной влаги в материалах с ортогональной анизотропией: А. С. 1778661, МКИ G 01 R 27/26 / А.А. Джежора. № 4878623/25; заявл. 29.10.90; опубл. 30.11.92 // Бюллетень № 44. 1 с.
217. Джежора А.А. Влияние экрана подложки на емкость датчика / А.А. Джежора, В.В. Рубаник. // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы III междунар. научно-технич. конф. Могилев, 2009. С.110-112.
218. Радовицкий В.П., Стрельцов Б.Н. Электродинамика текстильных волокон (Поведение волокон в электрических полях). – М.: Легкая индустрия, 1967. – 253 с.
219. Джежора А.А., Рубаник В.В., Савчук В. К. «Электроемкостной уровнемер» Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики: материалы XVI междунар. конф. Ялта, 2008.
220. Пат. 12674 ВУ, МПК G01 F 23/22, G01 N 27/22, Датчик измерения уровня жидкой или сыпучей среды / Джежора А. А., Рубаник В.В., Савчук В. К., Кузьминич А. В. № а 20071045; заявлено 24.08.2007; Опубл.2009. 12.30, Бюл. «Изобретения. Полезные модели. Промышленные образцы» № 6.