Приложение 1

**Список оборудования для изготовления и исследования терморегулирующих и термостабилизирующих мпокрытий и их компонентов, находящегося в распоряжении коллектива лаборатории РКМ ТУСУР**

1. Установка-имитатор условий КП «Спектр» (облучение в вакууме электронами, протонами, КСС с измерением оптических, электрических и других свойств в вакууме на месте облучения (in situ).

2. Рентгеновский дифрактометр Shimadzu XRD 6100.

3. ИК-Фурье спектрофотометр Shimadzu IR Tracer -100.

4. Спектрофотометр Shimadzu UV-3600 Plus.

5. Лазерный анализатор размеров частиц Shimadzu Sald-2300.

6. Спектрофлуориметр Shimadzu RF-6000.

7. Измеритель прочности ОНИКС-1.АП.

8. Лазерный анализатор размеров частиц Fritsch Analysette 22 Nano Tec.

9. Растровый электронный микроскоп Coxem EM30+.

10. Вискозиметр Anton Paar Visco QC300R.

11. Оптический профилометр Chotest SuperView W1.

12. FTIR-спектрометр Симэкс ФТ-801.

13. Динамометрический стенд МЕГЕОН 03500.

14. Прецизионный измеритель Agilent LCR E4980A.

15. Планетарная шаровая мельница Fritsch Pulverisette 7 Premium Line.

16. Электромагнитный вибрационный грохот Fritsch Analysette 3 Pro.

17. Прочее оборудование: микровесы, высокотемпературные печи, шкафы для выпаривания, магнитные мешалки, УЗ-ванны и др.

Приложение 2

**Примеры некоторых пигментов, связующих и покрытий,
разработанных в лаборатории РКМ ТУСУР**

1. Пигмент Zn2SiO4 (as < 0,07, стойкость при облучении электронами с энергией 30 кэВ (далее – е-) на 40 % выше, чем у немодифицированного ZnO).
2. Пигмент mZnO/nZnO (as = 0,184, стойкость при облучении е- на 75 % выше, чем у немодифицированного микропорошка ZnO).
3. Связующее Li2SiO3/nSiO2 (увеличение радиационной стойкости на 20 % по сравнению с исходным литиевым жидким стеклом).
4. Терморегулирующее покрытие (далее – ТРП) mZnO/nZnO + Li2SiO3/nSiO2 (увеличение радиационной стойкости на 44 % в сравнении с ТРП на основе немодифицированных компонентов).
5. Пигмент mCaCО3/nSiО2 (as = 0,14, стойкость при облучении е- до 4-х раз выше немодифицированного CaCO3).
6. Пигмент mCaCО3/nCeО2 (as < 0,1, стойкость при облучении е- до 2,84 раз выше немодифицированного CaCO3).
7. Пигмент mTiO2/nSiO2 (as < 0,145, стойкость при облучении е- до 5 раз выше, чем у немодифицированного TiO2).
8. Пигмент mZnO/nSiO2 (as < 0,12, стойкость при облучении е- до 2 раз выше, чем у немодифицированного ZnO).
9. Пигмент mZrO2/nAl2O3 (as < 0,05, стойкость при облучении е- до 2,3 раз выше, чем у немодифицированного ZrO2).
10. Пигмент mAl2O3/nAl2O3 (as = 0,062, снижение as в 1,5 раза при увеличении стойкости к е- на 5 % по сравнению с немодифицированным Al2O3).
11. Пигмент mCaSiО3/nCeО2 (as = 0,169, стойкость при облучении е- в 2.8 раза выше немодифицированного CaSiO3).
12. Пигмент mCaSiО3/nGd2О3 (увеличение радиационной стойкости на 35 %).
13. Связующее полиметилфенилсилоксановый лак (ПМФС), модифицированный наночастицами SiO2 (увеличенная стойкость к действию е- до 1,7 раз и к квантам солнечного спектра (далее – КСС) до 1,3 раза в сравнении с исходным лаком КО-916).
14. Связующее акриловый сополимер, модифицированный наночастицами SiO2 (увеличенная стойкость к действию е- до 1,9 раз и к КСС до 1,3 раза в сравнении с исходным лаком АСН).
15. Терморегулирующее покрытие на основе модифицированных BaSO4 + мод. КО-921 (as = 0,057, стойкость к комплексному воздействию факторов космического пространства (е-, p+, КСС) в 2.2 раза выше немодифицированного ТРП BaSO4 + КО-921).
16. Пигмент на основе полых двухслойных частиц ZnO/SiO2 (увеличенная стойкость к действию протонов в 1,7 раза, к действию электронов в 2,7 раза в сравнении с объемными частицами ZnO).
17. Термостабилизирующее покрытие на основе BaZrxTi(1-x)O3 и лака КО-921 (эффект термостабилизации за счёт изменяемой излучательной способности ɛ от 0,35 до 0,73 при изменении температуры поверхности от минус 70 до +110 °С, температура стабилизации + 38 °С, Δɛ = 0,38, as < 0,15).
18. Термостабилизирующее покрытие на основе La(1–x)SrxMnO3 и калиевого жидкого стекла K2SiO3 (эффект термостабилизации за счёт изменяемой излучательной способности ɛ от 0,49 до 0,78 при изменении температуры поверхности от минус 100 до +100 °С, температура стабилизации порядка + 10 °С, Δɛ = 0,29, as > 0,85).
19. Проводящее покрытие с применением технологии 3D-печати на основе серебряной печатной пасты (as = 0.292, низкие значения Δas → 0,001 при облучении ускоренными электронами флюенсом до 3·1016 см-2).
20. Диэлектрическое покрытие на основе поликора (Al2O3) с применением технологии 3D-печати (as = 0.143, Δas = 0,024 при облучении ускоренными электронами флюенсом 2·1016 см-2).
21. Диэлектрическое печатное покрытие на основе пасты ПД-12 (as = 0.774, температура вжигания 800 °С).
22. Гибкое диэлектрическое печатное покрытие на основе пасты ПДЗП-ГП (as = 0.337, температура отверждения 125 °С).

Приложение 3

**Выполненные ранее исследования и разработанные технологии синтеза и модифицирования терморегулирующих покрытий в лаборатории Радиационного и космического материаловедения**

**(I – I). Разработка физических основ повышения фото- и радиационной стойкости оксидных пигментов, легированных пероксо- и тетраборатами**

1. Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Легирование пигмента TiO2 (рутил) пероксидом натрия для повышения стабильности к действию солнечного ультрафиолета. // В сборнике: Физико-химические процессы в неорганических материалах (ФХП-9) международная конференция: доклады: в 2 томах. Федеральное агентство по образованию, Кемеровский государственный университет, РАН, Институт физической химии РАН, Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН, Администрация Кемеровской области. 2004. С. 441-442.

2. Михайлов М. М., Соколовский А.Н. Исследование покрытий на основе диоксида титана, легированного пероксоборатом калия. // Материалы международной научно-практической конференции “Электронные средства и системы управления”. Томск, ТУСУР, 2004, 223-225.

3. Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Фотостойкость к действию солнечного электромагнитного излучения диоксида титана, легированного перекисью натрия. // В сборнике: Электронные средства и системы управления материалы Междунар. науч.-практ. конф. (6-8 окт. 2004 г.) : [г. Томск] : [в 3 ч.]. отв. ред. Н.Д. Малютин. Томск, 2004. С. 229-230.

4. Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Исследование отражающих покрытий на основе диоксида титана, легированного пероксоборатом каля// В сборнике: Электронные средства и системы управления материалы Междунар. науч.-практ. конф. (6-8 окт. 2004 г.): [г. Томск] : [в 3 ч.]. отв. ред. Н.Д. Малютин. Томск, 2004. С. 223-225.

5. Михайлов М. М., Соколовский А. Н. Влияние пероксобората калия на радиационную стойкость пигмента оксида цинка. // Материалы Всероссийской научно-технической конференции “Научная сессия ТУСУР – 2005”, Томск, 2005, с.161-162.

6. Михайлов М.М., Соколовский А. Н. Легирование пероксоборатом калия с целью повышения радиационной стойкости порошков ZrO2. // Всероссийская научно-практическая конференция творческой молодежи, посвященная Дню авиации и космонавтики и 45-летию Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика Решетнева М.Ф. “Актуальные проблемы авиации и космонавтики”, Красноярск, 2005, с.71-72.

7. Mikhailov M.M., Sokolovskii A.N. Photostability of coatings of space vehicles based on TiO2 pigment (rutile) doped with potassium peroxoborate. // Journal of Spacecrafts and Rockets, в печати.

8. Михайлов М. М., Соколовский А. Н. Стабильность к облучению покрытия, изготовленного на основе порошка ZrO2, легированного пероксоборатом калия // Известия Вузов. Физика, 2005, т. 48, № 12, с. 83-84.

9. Mikhailov M.M., Sokolovskii A.N. Stability to Irradiation of Coating Fabricated from ZRO2 Powder Doped by Potassium Peroxoborate // Russian Physics Journal. 2005. Т. 48. № 12. С. 1311-1313.

10 Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Радиационная стойкость пигментов ZnO, легированных пероксоборатом калия. РАН, Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования, 2006, №5, с.72-78.

11. Mikhailov M.M., Sokolovskii A.N. Photostability of coatings based on TiO2 (rutile) doped with potassium peroxoborate // J. Spacecraft and Rockets. – 2006. - Vol. 43. - № 2. - P. 451 -455.

12. Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Радиационная стойкость пигментов ZnO, легированных пероксоборатом калия // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. – 2006. - № 5. – С. 72 – 78.

13. Михайлов М.М., Соколовский А.Н. Влияние режимов легирования пероксидом натрия на фотостойкость пигмента TiO2 (рутил) // Физика и химия обработки материалов. – 2006. – № 2. – С. 19 – 24.

14. Соколовский А. Н. Исследование фото - и радиационной стойкости пигментов, легированных оксидантами и нано порошками // Диссертация к.ф.-м.н, ТУСУР, 2006 г.145с.

**(I – II). Применение технологий фторирования для повышения фото- и радиационной стойкости оксидных пигментов и терморегулирующих покрытий**

1. Михайлов М.М., Гордиенко П.С., Сенько И.В., Пашнина Е.В., Бакеева Н.Г., Диденко Н.А., Усольцева Т.И. Влияние технологии получения на оптические свойства и радиационную стойкость пигментов TiO2 (анатаз). // Известия Вузов. Физика, 2001, т. 44, № 11, с. 19-24.

2. Михайлов М.М., Гордиенко П.С., Сенько И.В., Пашнина Е.В., Бакеева Н.Г., Диденко Н.А., Усольцева Т.И. Влияние технологии получения на спектры наведенного поглощения порошков TiO2 (анатаз). // Известия Вузов. Физика, 2002, т. 45, № 11, с. 92-94.

3. Михайлов М.М., Гордиенко П.С., Сенько И.В., Пашнина Е.В., Бакеева Н.Г., Диденко Н.А., Усольцева Т.И. Влияние легирующих добавок кремния и магния на фото- и радиационную стойкость пигмента диоксида титана (анатаз). // Материалы международного симпозиума (Вторые Самсоновские чтения) “Принципы и процессы создания неорганических материалов”. Владивосток, Хабаровск, ДВО РАН, 2002, c. 156-158.

4. Mikhailov M.M., Ardyshev V.M., Belyakov M.V. Oscillator Strength of Electron-Type Color Centers in KCl Single Crystals Irradiated with Electrons and Protons. // Physics of the Solid State, 2002, v. 44, № 2, pp. 274-277.

5. Михайлов М.М., Гордиенко П.С., Сенько И.В., Пашнина Е.В., Бакеева Н.Г., Диденко Н.А., Усольцева Т. И. Отражательная способность пигментов диоксида титана со структурой анатаза и рутила и ее изменение под действием электронного облучения и излучения, имитирующего солнечное. // Перспективные материалы, 2002, № 2, c. 40-43.

6. Михайлов М.М., Гордиенко П.С., Сенько И.В., Пашнина Е.В., Бакеева Н.Г., Диденко Н.А., Усольцева Т.И. Влияние добавок кремния и магния на отражательную способность фотостойкость пигмента диоксида титана (анатаза) // Неорганические материалы. 2002. Т. 38. № 8.

7. Mikhailov M.M., Gordienko P.S., Sen'ko I.V., Pashnina E.V., Bakeeva N.G., Didenko N.A., Usol'tseva T.I.. Effect of Production Technology on Induced Absorption Spectra of TiO2 (Anatase) Powders. Russian Physics Journal, November 2002, Volume 45, Issue 11, pp 1136-1138.

8. Mikhailov M.M., Gordienko P.S., Sen’ko I.V., Pashnina E.V., Bakeeva N.G., Didenko N.A., Usol’tseva T.I. Effects of Silicon and Magnesium Additions on the Reflectance and Photostability of Anatase Pigment Powders. // Inorganic Materials, 2002, v. 38, № 9, pp. 922-926. Translated from Neorganicheskie Materialy, 2002, v. 38, № 9, pp. 1097-1101.

9. Сенько И.В. Оптические свойства и радиационная стойкость порошков диоксида титана (анатаза), полученных фторидными технологиями // Диссертация канд. физ.-мат. наук, Томск, Томский гос. университет систем управления и радиоэлектроники, 2003г., 125 с.

**(I – III). Разработка физических основ повышения фото- и радиационной стойкости оксидных пигментов и терморегулирующих покрытий различными способами**

1. Михайлов М.М. О возможности повышения радиационной стойкости порошков TiO2 при обработке УФ-облучением в атмосфере // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007. № 10. С. 68-72.

2. Михайлов М.М. О возможности повышения радиационной стойкости порошков TiO2: обработка ультрафиолетом в кислороде // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2007. № 8. С. 82-88.

3. Михайлов М.М., Владимиров В.М. Модель модифицирования порошков защитными слоями для повышения их стойкости к действию излучений // Материаловедение, 2013, №1, с. 27-31

4. Михайлов М.М. Способы повышение фото- и радиационной стойкости пигментов и терморегулирующих покрытий космических аппаратов. В сборнике: Актуальные вопросы проектирования автоматических космических аппаратов для фундаментальных и прикладных научных исследований. Посвящается 80-летию Акционерного общества «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина». АО «НПО Лавочкина»; В.В. Ефанов. 2017. С. 196-202.

5. Михайлов М.М., Владимиров В.М., Власов В.А. О размерном эффекте в радиационном материаловедении. // Известия Томского политехнического ун-та, 2000, т. 303, вып. 2, с. 191-225.

6. Михайлов М.М., Гордиенко П.С., Сенько И. В., Пашнина Е.В., Бакеева Н.Г., Диденко Н.А., Усольцева Т.И. Влияние технологии получения на спектры наведенного поглощения порошков TiO2 (анатаз) // Известия Вузов. Физика, 2002, т. 45, № 11, с. 92-94.

7. Михайлов M.M., Веревкин А.С. Изменение спектров диффузного отражения порошков диоксида циркония при изменении давления окружающей их газовой среды // Сборник тезисов докладов Международной научно-практической конференции “Электронные средства и системы управления”. Томск, 2004, т. 3, с.263-265.

**(I – IV). Разработка технологий синтеза полых частиц оксидных порошков - пигментов ТРП, исследование их оптических свойств, фото- и радиационной стойкости (совместно с Амурским гос. ун-том, г. Благовещенск, Амурской обл.)**

1. Dudin, A.N., Yurina, V.Y., Neshchimenko, V.V., Mikhailov, M.M., Yuriev, S.A., Lapin, A.N. Changes in the Optical Properties of Coatings Based on Hollow ZnO/SiO2 Particles under Electron Irradiation. J. Surf. Investig. 18, 413–418 (2024)

2. Mikhailov M.M., Lapin A.N., Sokolovskiy A.N., Neshchimenko V.V., Yuryev S.A. Optical properties and photostability of microsized TiO2 powders modified with its own nano- and hollow particles // The Journal of the Astronautical Sciences. 2023. Vol. 70. Article number 32.

3. Iurina V.I., Dudin A.N., Neshchimenko V.V., Mikhailov M.M. Effect of Electron Fluence on the Concentration of Color Centers in Hollow Particles of Aluminum Oxide // Journal of Surface Investigation, 2023, V. 17, N 1, P. 202-207.

4. Mikhailov M.M., Yuryev S.A., Neshchimenko V.V., Sokolovskiy A.N. Optical properties and photostability of silicon dioxide powders modified with SiO2 hollow particles and nanoparticles of various oxides // Radiation Physics and Chemistry, 2020, V. 170.

5. Neshchimenko V.V., Mikhailov M.M. Features of Degradation of the Optical Properties of Hollow Particles TiO2, ZnO, and SiO2 under the Influence of Ionizing Radiations // Journal of Surface Investigation, 2019, V. 13, N 6, P. 1192-1198.

6. Neshchimenko V., Li C., Mikhailov M., Lv J. Optical radiation stability of ZnO hollow particles (2018) Nanoscale, 10 (47), pp. 22335 – 22347

7. Neshchimenko V.V., Li C., Mikhailov M.M., Radiation stability of TiO2 hollow particles pigments and coatings synthesis by hydrothermal methods from TTIP, Dyes and Pigments, Volume 145, 2017, Pages 354-358.

8. Юрина В. Ю. Оптические свойства и радиационная стойкость полых частиц оксида алюминия и диоксида кремния // Диссертация к.ф.-м.н, ТУСУР, 2022 г. 141с.

9. Дудин А. Н. Оптические свойства и радиационная стойкость полых двухслойных частиц оксида цинка и диоксида кремния // Диссертация к.ф.-м.н, ТУСУР, 2024 г. 199с.

**(I – V). Исследование механизмов деградации и разработка технологий увеличения фото- и радиационной стойкости полимерных материалов**

1. Mikhailov M.M., Bakhtaulova A.S., Neshchimenko V.V. [et al.] Radiation Resistance of Nanomodified Organosilicic // Russian Physics Journal. – 2018. – Vol. 61, No. 8. – P. 1529-1535. – DOI 10.1007/s11182-018-1566-4.

2. Mikhailov M.M., Neshchimenko V.V., Bakhtaulova A.S. [et al.] Radiation stability of silicon-organic varnish modified with nanoparticles // Polymer Degradation and Stability. – 2018. – Vol. 153. – P. 185-191. – DOI 10.1016/j.polymdegradstab.2018.10.021.

3. Mikhailov M.M., Neshchimenko V.V., Grigorevskiy A.V., Sokolovskiy A.N., Bakhtaulova A.S., Vaschenkov I.S. Radiation stability of silicon-organic varnish modified with nanoparticles (2018) // Polymer Degradation and Stability, 153, pp. 185-191. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2018.04.031

4. Mikhailov M.M., Neshchimenko V.V., Grigorevskii A.V., Bakhtaulova A.S., Vashchenkov I.S. Radiation Resistance of Nanomodified Organosilicic Enamel (2018) Russian Physics Journal, DOI: 10.1007/s11182-018-1566-4

5. Mikhailov M.M., Yur'ev S.A., Bakhtaulova A.S., Yurina V.Y.. Modification of Organosilicon Compounds with Al2O3 Nanoparticles in Order To increase Radiation Resistance // Metal Science and Heat Treatment. – 2020. – Vol. 62, No. 1-2. – P. 81-85. – DOI 10.1007/s11041-020-00516-1.

6. Mikhailov M.M., Lebedev S.M., Goronchko V.A., Sokolovskiy A. N.Investigation of radiation stability of optical properties of polypropylene modified with ZrO2 nanoparticles // Polymer Composites. – 2019. – Vol. 40, No. 8. – P. 3050-3055. – DOI 10.1002/pc.25148.

7. Mikhailov M.M., Goronchko V.A., Lebedev S.M. Studying the Radiation Stability of the Optical Properties of Polypropylene Modified with Al2O3 Nanoparticles// Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2021. – Vol. 15, No. 4. – P. 655-659. – DOI 10.1134/S1027451021040121.

8. Mikhailov M.M. Recording of carbon clusters and (–СН2–)n radicals in a vacuum at the site of irradiation (in situ) of polyethylene // Polymer Degradation and Stability. – 2021. – Vol. 191. – P. 109682. – DOI 10.1016/j .polymdegradstab. 2021.109682.

9. Mikhailov M.M., Goronchko V.A. Investigation of the nature of polypropylene absorption bands before and after electron irradiation // Polymer Degradation and Stability. – 2022. – Vol. 202. – P. 110032. – DOI 10.1016/j. polymdegradstab. 2022.110032.

10. Mikhailov M.M., Goronchko V.A. Changes in the Electrical Conductivity of Polypropylene Modified with Nanoparticles of Oxide Compounds// Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques. – 2022. – Vol. 16, No. 3. – P. 343-346. – DOI 10.1134/S1027451022030284.

11. Михайлов М.М., Горончко В.А. Оптические свойства и радиационная стойкость полипропилена, модифицированного наночастицами MgO // Космические аппараты и технологии. – 2022. – Т. 6, № 2(40). – С. 102-108. – DOI 10.26732/j.st.2022.2.04.

12. Горончко, В. А. Оптические, электрические, механические свойства и радиационная стойкость полипропилена, модифицированного наночастицами оксидных соединений: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 1.3.8 / В. А. Горончко; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники; науч. рук. М. М. Михайлов. – Томск, 2023.

13. Mikhailov M.M., Goronchko V.A., Lapin A.N., Yuryev S.A. Radiation resistance of polypropylene modified with nanoparticles of oxide compounds / // Polymer. – 2024. – Vol. 296. – P. 126796. – DOI 10.1016/j.polymer.2024.126796.

14. Mikhailov M.M., Goronchko V.A., Yuryev S.A. [et al.]. Optical properties of nanocomposites based on polypropylene modified by nanoparticles of oxide compounds // Results in Optics. – 2024. – Vol. 16. – P. 100696. – DOI 10.1016/j. rio.2024.100696.

15. Михайлов М.М., Лапин А.Н., Юрьев С.А. [и др.] Исследование состава, структуры и радиационной стойкости оптических свойств диэлектрической защитной полимерной пасты для гибких подложек // Химическая технология. – 2025. –Т. 26, № 5. – С. 171-178. – DOI 10.31044/1684-5811-2025-26-5-171-178.

16. Mikhailov M.M., Goronchko V.A., Lapin A.N. [et al.]*.* Kinetics of changes in the optical properties of polymethylphenylsiloxane varnish modified with silicone dioxide nanoparticles under electron irradiation.// Russ Phys J (2025). <https://doi.org/10.1007/s11182-025-03459-3>.

17. Mikhailov M.M., Goronchko V.A., Yuryev S.A., Lapin A.N., Fedosov D.S., Ivanichko S.P. The stability of polymethylphenylsiloxane varnish modified with SiO2 nanoparticles and exposed to solar spectrum quanta // Optical Materials, Volume 163, 2025, 116980, <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2025.116980>.

18. Mikhailov M.M., Goronchko V.A., Yuryev S.A., Lapin A.N., Confirmation of Mie light scattering theory using complex polymers, // Materials Letters, Volume 398, 2025, 138922, <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2025.138922>.

**II). Исследование синергетических эффектов при раздельном, совместном, последовательном и комплексном облучение квантами солнечного спектра, электронами и протонами терморегулирующих покрытий и пигментов**

1. Дворецкий М.И., Михайлов М.М., Косицын Л.Г., Кузнецов Б.И. Исследование спектров отражения белой эмали, облученной раздельно и совместно электронами, протонами и ультрафиолетом. // Космическая технология и материаловедение. Сб. статей. М.: Наука, 1982,
с. 111-118.

2. Михайлов М.М., Дворецкий М.И. Кузнецов Н.Я. Окрашивание поликристаллического ZrO2, облученного ультрафиолетовым светом и электронами. // Неорганические материалы, 1984, т. 20, № 3, с. 449-453.

3. Михайлов М.М., Дворецкий М.И. Исследование раздельного и совместного действия света и электронов на оптические свойства системы ZrO2 + полиметилсилоксан (ПМС) // Первая Всесоюзная конференция “Модификация свойств конструкционных материалов пучками заряженных частиц”. Томск, 1988, с. 13.

4. Михайлов М.М., Дворецкий М.И. Особенности изменений оптических свойств ортотитаната цинка при раздельном и совместном попарном облучении электронами, протонами и электромагнитным излучением. // Неорганические материалы, 1992, т. 28, № 7, с. 1431-1436.

5. Михайлов М.М., Дворецкий М.И. Неаддитивность совместного действия ультрафиолетового облучения, протонов и электронов на ZnO + полиметилсилоксан. // Неорганические материалы, 1993, т. 29, № 3, с. 374-378.

6. Михайлов М.М., Шарафутдинова В.В. Влияние совместного облучения электронами, протонами и ультрафиолетом на накопление элементарных дефектов в системе ZnO+полиметилсилоксан. 4-ая казахстанская конференция с международным участием по “Физике твёрдого тела”. Караганда, КГУ им. Е.А. Букетова, 1996.

7. Михайлов М.М., Дворецкий М.И. Совместное действие электронов и протонов на оптические свойства KBr и KCl. В книге: 9-я Международная конференция по радиационной физике и химии неорганирческих материалов. Тезисы докладов. 1996. С. 28-29.

8. Михайлов М.М., Дворецкий М.И. Исследование раздельного и совместного действия света и электронов на оптические свойства системы ZrO2 + полиметилсилоксан (ПМС). В книге: 9-я Международная конференция по радиационной физике и химии неорганических материалов. Тезисы докладов. 1996. С. 24-25.

9. Mikhailov M.M., Sharafutdinova V.V. Synergy effects under separate and combined irradiation of reflecting coatings based on ZnO with protons, electrons and solar electromagnetic radiation. // Fourth Sino-Russian Symposium Beijing, China, October 12-15, 1997

10. Михайлов М.М., Ардышев В.М., Беляков М.В. Закономерности накопления центров окраски в кристаллах и порошках KCl при раздельном и совместном облучении протонами и электронами. // Первый всероссийский симпозиум “Твердотельные детекторы ионизирующих излучений”. Екатеринбург, 28 ноября-2 декабря 1997, с. 127.

11. Михайлов М.М., Ардышев В.М., Лазарев Е.В. Синергетические эффекты при облучении кристаллов KCl протонами и электронами. Первый всероссийский симпозиум “Твердотельные детекторы ионизирующих излучений”. Екатеринбург, 28 ноября-2 декабря 1997, с. 128.

12. Градобоев А.В., Михайлов М.М. Исследование аддитивности при комбинированном облучении полупроводниковых приборов, изготовленных на основе GaAs. // Труды VIII межнационального совещания “Радиационная физика твердого тела”. Севастополь, 29 июня-4 июля 1998, с. 528-532.

13. Михайлов М.М., Ардышев В.М. Накопление F- и M-центров окраски в монокристаллах KCl при комбинированном облучении электронами и протонами. // Физика твердого тела, 1998, т. 40, № 11, с. 2015-2018.

14. Mikhaǐlov M.M., Ardyshev V.M. Build-up of f and m color centers in kcl single crystals under combined electron and proton irradiation. Physics of the Solid State. 1998. Т. 40. № 11. С. 1823-1826.

15. Михайлов М.М., Ардышев В.М. Синергетические эффекты при одновременном облучении порошков KCl протонами и электронами. // Физика и химия обработки материалов, 1999, № 3,
с. 9-12.

16. Mikhailov M.M., Sokolovskiy A.N., Yuryev S.A., Karanskiy V.V., Synergistic effects in the change in optical properties of ZnO powder modified with SiO2 nanoparticles upon sequential irradiation with electrons and solar quanta, Advances in Space Research, Volume 66, Issue 11, 2020, Pages 2703-2710, ISSN 0273-1177, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2020.08.020>.

17. Mikhailov M.M., Lapin A.N., Yuryev S.A., Karanskiy V.V., Effect of proton irradiation on the optical properties of coating based on ZnO powder and liquid K2SiO3, Surface and Coatings Technology, Volume 387, 2020, 125548, ISSN 0257-8972, https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2020.125548.

18. Mikhailov M.M., Yuryev S.A., Lapin A.N., Karanskiy V.V.. Synergistic Effects in a ZnO Powder-Based Coating Sequentially Irradiated with Protons, Electrons, and Solar Spectrum Quanta // Symmetry, 2020, 12, 1021; doi:10.3390/sym12061021.

19. Mikhailov M.M., Yuryev S.A., Lapin A.N., Karanskiy V.V., Changing optical properties of ZnO powder upon separate and sequential irradiation by electrons and protons with an energy of 100 keV, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, Volume 478, 2020, Pages 92-98, ISSN 0168- 583X, [https://doi.org/10.1016/j.nimb.2020.05.024.](https://doi.org/10.1016/j.nimb.2020.05.024.%20IF%20%E2%80%93%201.27)

21. Михайлов М.М., Каранский В.В. Влияние квантов солнечного спектра на оптические свойства порошка ZnO, модифицированного наночастицами SiO2 // Сборник избранных статей научной сессии ТУСУР–2020: Межд. науч.-практич. конф.: материалы конф. в 2-частях / В-Спектр – Томск, 2020. – Ч. 1. – С. 235-238.

22. Mikhailov M.M., Yuryev S.A., Lapin A.N., Karanskiy V.V. Changing optical properties of ZnO powder upon separate and sequential irradiation by electrons and protons with an energy of 100 keV, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2020, Volume 478, Pages 92-98.

23. Mikhailov M.M., Lapin A.N., Yuryev S.A., Karanskiy V.V. Effect of proton irradiation on the optical properties of coating based on ZnO powder and liquid K2SiO3// [Surface and Coatings Technology](https://www.sciencedirect.com/science/journal/02578972)[Volume 387](https://www.sciencedirect.com/science/journal/02578972/387/supp/C), 15 April 2020, 125548.

24. Mikhailov M.M., Yuryev S.A., Lapin A.N., Karanskiy V.V. Synergistic Efects in a ZnO Powder-Based Coating Sequentially Irradiated with Protons, Electrons, and Solar Spectrum Quanta// Symmetry 2020, 12, 1021.

25. Михайлов М.М., Лапин А.Н., Юрьев С.А., Каранский В.В. Исследование оптических свойств порошков BaSO4 при одновременном действии квантов солнечного спектра и электронов// Томск, ТУСУР, май 2021 г.

26. Михайлов М.М., Лапин А.Н., Юрьев С.А., Каранский В.В. Одновременное и раздельное облучение протонами и электронаами порошка BaSO4 в условиях имитирующих их спектры на высоких орбитах // Томск, ТУСУР, 19-21 мая 2021 г.

**III). Разработка физических основ светимости космических аппаратов в оптическом диапазоне электромагнитного излучения**

1. Михайлов М.М. Свечение терморегулирующих покрытий на основе ZnO космических аппаратов под действием электронов. // Неорганические материалы, 1993, т. 29, № 3, с. 369-373.

2. Исследование спектров диффузного и зеркального отражения, спектров фото- и катодолюминесценции и их изменений при облучении материалов внешних поверхностей космических аппаратов. Промежуточный отчет о НИР «Разработка физических основ светимости космических аппаратов в оптическом диапазоне электромагнитного излучения». Руководитель Михайлов М. М. № гос. регистрации 012 002 08 656 Томск, ТУСУР, 2002, 121 с.

3. Исследование спектров диффузного и зеркального отражения, спектров фото – и катодолюминесценции и их изменений при облучении материалов внешних поверхностей космических аппаратов. Заключительный отчет о НИР «Разработка физических основ светимости космических аппаратов в оптическом диапазоне электромагнитного излучения». Руководитель Михайлов М. М. № гос. регистрации 012 002 08 656 Томск, ТУСУР, 2003,151 с.

4. Определение интенсивности свечения космических аппаратов в условиях реальных орбит. Отчет от НИР. Руководитель Михайлов М. М. № гос. регистрации 012 002 08 656, инв. № 03 200 40 1433. Томск, ТУСУР, 2004, 63с.

5. Михайлов М.М. Светимость космических аппаратов. Спектры отражения внешних поверхностей. Физика и химия обработки материалов. 2008, №3, с. 33-42.

6. Михайлов М.М. Светимость космических аппаратов. Зависимость отражательной способности материалов от угла падения оптического излучения // РАН Физика и химия обработки материалов.2010, №1, с.23-28.

6. Михайлов М.М. Светимость космических аппаратов. Катодолюминесценция терморегулирующих покрытий // РАН Физика и химия обработки материалов.2010, №4, с. 12-18.

7. Михайлов М.М. Светимость космических аппаратов. Спектральная и интегральная энергетическая светимость материалов внешних поверхностей// Физика и химия обработки материалов, 2011, № 2, с. 18-25.

8. Михайлов М.М. Светимость космических аппаратов. Мощность излучения внешних поверхностей под действием спектров на ГСО // Физика и химия обработки материалов. 2012. № 2. c. 17-22.

**IV). Разработка патентов по всем направлениям исследований**

Всего разработано 53 патента на изобретения и программ для ЭВМ, из них 45 патентов опубликовано в сборнике: М.М. Михайлов Патенты на изобретения (материалы для космических аппаратов). – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем упр. и радиоэлектроники, 2022, 387 с.
ISBN 978-5-86889-957-7, ББК.39.62.- 03у.