

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА	3
Литература к предисловию	8
ВВЕДЕНИЕ	13
Литература к введению	15
Глава 1. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРОНОВ КАК ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЕДИНОЙ ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ ОТПАЯННЫХ ВАКУУМНЫХ И ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ПРИБОРОВ	19
1.1. Краткие сведения об электровакуумных СВЧ- и газоразрядных приборах	19
1.2. Материалы катодов мощных и малогабаритных магнетронов	28
1.2.1. Физико-химический механизм работы оксидсодержащих катодных материалов	28
1.2.2. Физико-химические пути получения новых катодных материалов	45
1.2.3. Кинетика изменения эмиссионных свойств некоторых катодных материалов	51
1.2.4. Некоторые особенности контроля качества катодных материалов для вакуумных приборов	59
1.3. Металлооксидные планарные и композиционные катоды для газоразрядных приборов	72
1.3.1. Общие сведения о физических процессах, наблюдаемых в газоразрядных приборах	72
1.3.2. Экспериментальное исследование устойчивости катодов к бомбардировке в разряде	82
Литература к главе 1	92
Глава 2. НОВЫЕ ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ НАРКОТИЧЕСКИХ, ВЗРЫВЧАТЫХ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ	97
2.1. Теоретические модели поверхностной ионизации	102
2.1.1. Классическая модель поверхностной ионизации	102
2.1.2. Элементы теории абсолютных скоростей реакций	105
2.1.3. Физико-химическая модель поверхностной ионизации органических соединений из классов НВ и ФОВ	110

2.1.4.	Физико-химическая модель поверхностной ионизации органических соединений из класса ВВ	115
2.1.5.	Активные центры ионизации на поверхности оксидов переходных металлов	117
2.1.6.	Модифицированная физико-химическая модель поверхностной ионизации соединений из классов НВ и ФОВ	130
2.2.	Конструкция поверхностно-ионизационных дрейф-спектрометров	135
2.2.1.	Конструкция и технология термоэмиттеров ионов органических соединений	135
2.2.2.	Конструкция и технология дрейф-спектрометров	138
2.3.	Теория поверхностно-ионизационной дрейф-спектрометрии	141
2.3.1.	Влияние объемного заряда на движение ионов	141
2.3.2.	Формирование дрейф-спектров органических соединений	149
2.3.3.	Термодесорбционная спектрометрия	152
2.4.	Материалы поверхностно-ионизационных термоэмиттеров ионов	155
2.4.1.	Кинетика окисления микролегированных сплавов молибдена	155
2.4.2.	Поверхностно-ионизационные свойства микролегированных сплавов молибдена	166
2.4.3.	Поверхностно-ионизационные свойства оксидных бронз щелочного металла	170
2.5.	Активные центры на поверхности окисленных сплавов молибдена	178
2.5.1.	Физико-химические параметры активных центров	178
2.5.2.	Кинетика формирования активных центров	184
2.6.	Параметры поверхностной ионизации органических соединений	187
2.6.1.	Органические соединения азота	189
2.6.2.	Имитаторы физиологически опасных веществ	194
2.6.3.	Органические соединения из класса взрывчатых веществ	201
2.6.4.	Масс-спектрометрия состава ионного тока с поверхности термоэмиттеров ионов	204
2.7.	Параметры дрейфовой подвижности органических соединений	212

2.8. Параметры термической десорбции органических соединений	217
2.9. Дрейф-спектрометрия органических соединений	220
2.9.1. Аналоговая дрейф-спектрометрия органических соединений из классов НВ и ФОВ	220
2.9.2. Цифровая дрейф-спектрометрия высокого разрешения	227
2.10. Приборная реализация методов поверхностно-ионизационной дрейф-спектрометрии	243
2.10.1. Принцип многопараметрического распознавания органических соединений	243
2.10.2. Приборы с определением трех физико-химических параметров органических соединений	244
2.10.3. Приборы с определением шести физико-химических параметров органических соединений	249
Литература к главе 2	254
Глава 3. УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЧЕЛОВЕКА, ОСНОВАННЫЕ НА МАГНЕТРОННЫХ ПРИБОРАХ	263
3.1. Магнетроны в экологически безопасных технологиях обеспечения жизнедеятельности человека	263
3.2. Методы поиска противопехотных мин с применением СВЧ-энергии	271
3.3. СВЧ-обезвреживание опасных медицинских отходов, пищевых продуктов и воды	276
3.4. Применение СВЧ-технологий для защиты здоровья человека	286
Литература к главе 3	294
Глава 4. ГАЗОРАЗРЯДНЫЕ ЛАЗЕРЫ И ПРИБОРЫ В МЕТОДАХ СОХРАНЕНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	297
4.1. Некоторые аспекты применения технологий, основанных на использовании электромагнитных излучений нетепловой интенсивности	297
4.2. Применение некоторых типов газоразрядных лазеров в сельскохозяйственных и природоохранных технологиях	299
4.3. Сохранение здоровья человека и обеспечение продовольственной безопасности устройствами на газоразрядных лампах	315

Литература к главе 4	330
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	335
Литература к заключению	348

*Когда у меня рождается идея,
я сразу в воображении начинаю
строить прибор...
Я утверждаю, что воплощение
на практике сырой идеи, как это
обычно делается, является не чем
иным, как потерей энергии,
денег и времени.*

/Никола Тесла. Мои изобретения/

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

На пороге своего семидесятилетия уверен в том, что коллективный научный труд более объективен по сравнению с типовой монографией, тем более по проблеме, которой посвящена данная книга. Методология построения её материала и подход к редактированию складывался не без влияния учителей, с которыми мне в жизни просто везло.

После опустошительной для нашей страны Второй мировой войны мое поколение росло в особой обстановке: отцы навечно остались на полях сражений, а нашим матерям и их родителям пришлось очень много работать. Вокруг сел и деревень все прилегающие пространства были буквально нашпигованы различным оружием. Частично оно было собрано, но в глухих лесных массивах и оврагах его потом утилизировала сама природа. Однако еще долго после окончания войны гремели взрывы и гибли мы — любознательные мальчишки.

Нашими первыми учителями стали однорукие, одноногие, а то и вовсе обезноженные молодые парни, возвратившиеся с войны инвалидами. Они как-то потом незаметно исчезли из жизни, но успели убедительно объяснить нам, что красиво раскрашенные зажигательные снаряды и изящно исполненные мины и гранаты — это смерть. Мне повезло, и я уцелел. Дошкольное образование я получал за высоким забором деревенской усадьбы: бабушка укро-

шала мое любопытство розгами, а дедушка обучил немецкому языку (он сам знал его в совершенстве, поскольку провел много лет в австрийском плену). Средняя школа в то время давала разносторонние знания. В лабораториях физики и химии, и особенно на уроках УПК, где в старших классах мы разбирали и собирали двигатели автомобиля и трактора, по-настоящему была удовлетворена моя тяга к технике и экспериментированию. Потом, в Харьковском университете [1], с этим было еще лучше. В техникуме (не помню его названия) по дисциплине УТП мы обучались токарному, фрезерному и слесарному делу. Зачет принимал мастер, когда ему предьявлялся молоток, полностью изготовленный своими руками. После третьего курса на практику, и затем, до завершения выпускных работ, мы направлялись в Украинский физико-технический институт (УФТИ) в Пятихатках (ныне туда переместился и университетский физико-технический факультет).

Блестящее поколение академиков учило нас физике: И. М. Лифшиц (теоретическая физика), А. И. Ахиезер (механика и молекулярная физика), А. Г. Ситенко (атомная физика), В. Г. Барьяхтар (элементы квантовой теории металлов). В. Е. Иванов (материалы реакторостроения) читал нам курс на английском языке. Являясь зам. директора УФТИ (а затем и его директором) и по совместительству заведующим кафедрой в университете, он создавал нам, студентам, все условия для выполнения дипломных работ в лабораториях института под руководством блестящих экспериментаторов.

Я гордился тем, что прошел такую школу, а также и тем, что после окончания университета, в новом НИИ в г. Калуге, начал работать в тех же творческих условиях: его директор Ф. И. Бусол, главный инженер А. М. Гончаренко и руководители направлений — С. И. Файфер, И. С. Болгов, В. В. Лебедев, В. И. Стрелов и др. — прибыли для работы в институт именно оттуда. Институт только создавался, и эти профессионалы нам, молодым специалистам, определили лишь направление деятельности, не ограничивая деталями. Хотя на ежеквартальных заседаниях НТС отчет каждого был обязательным. Это была хорошая школа.

Техника получения образцов и методы исследования [2–4], структуры с оксидами (планарные многокомпонентные и композиционные) в электрических и магнитных полях, в вакууме и газовом

разряде и стали целью первых моих поисковых исследований [5]. Было ясно, что экспериментальные макеты, моделирующие физико-химические процессы, происходящие в реальных приборах, — первый и необходимый предмет для всестороннего изучения свойств создаваемых эмиттирующих объектов. Важно смоделировать хотя бы основные условия, в которых будут эксплуатироваться новые источники эмиссии. И зарубежные коллеги [6], и мы, понимая это, создали прежде всего технологии герметизации с целью получения надежных экспериментальных приборов [7, 8]. Методология создания таких макетов должна предусматривать адекватность форсированных режимов испытаний в них, наблюдаемым в реальных приборах. Поэтому эмиттирующие композиции для вторично-электронных, термоэлектронных, ионно-электронных катодов и электродов, их параметры и конструкции разрабатывались и реализовывались в творческом взаимодействии с главными конструкторами и основными специалистами, создающими новые сверхвысокочастотные (СВЧ) приборы, газоразрядные лазеры и лампы,

а также системы на их основе (Г. И. Артюх, Н. П. Есаулов, В. П. Марин, В. Н. Ильин — НИИ «Титан», г. Москва; В. А. Степанов, Л. И. Киселева, А. В. Горелик, В. Н. Дронов — НИИ газоразрядных приборов, г. Рязань; В. А. Варенцов, В. А. Гриневич, Д. П. Проценко — СКБ «Арсенал», г. Киев; А. В. Мельников, М. М. Назаренко, Ю. Д. Голяев, Э. П. Пролейко, Г. А. Чистяков — НИИ «Полюс», г. Москва; Б. З. Нейман, А. А. Анашкин, В. Д. Котов, М. А. Фурсаев — ОКБ «Тантал», г. Саратов; А. В. Рожанец, А. В. Евтеев — Дятьковский завод газоразрядных приборов, г. Дятьково; Б. В. Ефимов, Е. А. Измайлов — Московский институт электромеханики и автоматики, г. Москва; И. П. Мазанько — НПО «Астрофизика»; Б. П. Ремизов — НИИП, г. Москва; Е. П. Остапченко — СКБ завода «Полярон», г. Львов; В. П. Тычинский, Б. Ч. Дюбуа — НИИ «Исток», г. Фрязино и др.). Совместно создавались как приборы, так и ряд систем на их основе.

Новые сведения об источниках заряженных частиц и приборах на их основе публиковались в различных журналах и научно-технических сборниках. К сожалению, в определенный исторический период в подавляющем большинстве эти издания канули в неизвестность

вместе с исчезнувшими или реформированными НИИ и КБ, и если что-то осталось, то, возможно, в секретных изобретениях.

Судьба открытых публикаций по фундаментальным исследованиям свойств создаваемых композиций, выполненным совместно с коллегами из университетов, оказалась иной. Для вышеприведенных целей требуются особые методы исследований, оригинальное аналитическое оборудование и изыскания в области альтернативных технологий. Это стратегия мировой науки.

Они проводились с участием коллег из различных университетов и институтов (А. И. Бажин, С. В. Теплов, В. А. Ступак — ДонГУ, г. Донецк; Е. Т. Кучеренко, В. З. Шаповал — Киевский госуниверситет им. Т. Г. Шевченко; Г. Г. Бондаренко, А. А. Шмыков, А. Н. Тихонов — МИЭМ, г. Москва; А. А. Фомичев, Е. П. Шешин — МИФИ, г. Долгопрудный; А. С. Сигов, В. И. Капустин — МИРЭА, г. Москва; К. Г. Никифоров, Д. К. Никифоров — КГУ им. К. Э. Циолковского, г. Калуга; В. В. Андреев, А. А. Столяров, В. Г. Барышев, В. В. Бобрецов — КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана; Г. В. Козьмин — ВНИИ сельскохозяйственной радиологии и агроэкологии, г. Обнинск; В. С. Хмелевская — ИАТЭ, г. Обнинск; Э. М. Соколов, Л. Э. Шейнкман — ТулГУ, г. Тула и др.). Совместные наши публикации широко известны, но научное сотрудничество продолжается до настоящего времени [9–21].

Прикладные исследования и разработка технологий различных типов источников электронов осуществлялась коллегами и учениками в Калуге — в Институте материалов электронной техники и в КФ МГТУ им. Н. Э. Баумана. Их результаты, имена основных соавторов — ученых, инженеров и специалистов — приведены частично в работах [22–39]. Некоторые теоретические и экспериментальные результаты, полученные в составе этих трех авторских коллективов, и положены в основу настоящей книги.

Столь пространные рассуждения о составе и деятельности творческих коллективов специалистов, работавших над идеей создания управляемых потоков электронов, эмиттированных с холодных и горячих поверхностей, преследуют лишь одну цель: без высоконадежных и долговечных источников электронов не были бы достигнуты уникальные параметры отечественных вакуумных СВЧ-приборов, газоразрядных лазеров и ламп — основы систем радио-

локации, навигации и освещения. Суть самой идеи заключается в том, что прибор и источник электронов — замкнутая система, функционирующая как единое целое. Вынесенное в эпиграф утверждение Николы Теслы совершенно верно — идея по созданию того или иного прибора не будет сырой, если предварительно будут четко изучены и установлены механизмы взаимодействия внутри этой системы. Недостаточно иметь источник электронов с определенными свойствами, как это было сделано, например, для резисторов и конденсаторов, а надо изучить и понять суть всех физико-химических процессов, происходящих в данной замкнутой системе, чтобы, варьируя материалом, формой и конструкцией источника электронов, обеспечить нужные параметры прибора. Причем воспроизводимость свойств источников электронов, сохранение стабильности их параметров, обеспечение минимального разброса свойств от партии к партии требуют разработки методов и аналитической аппаратуры такого уровня, чтобы их качество гарантировало получение достоверных результатов анализа, удовлетворяющих и разработчиков источников электронов, и создателей приборов, и конструкторов систем на их основе.

Эта важная проблема экспериментальной физики, решаемая целым поколением ученых и инженеров, так и не была должным образом обобщена и оценена, за исключением, возможно, работ [40–45]. По-видимому, это произошло потому, что конечной целью всегда

были приборы и системы, а всё остальное — досадным промежуточным барьером. Хотел бы надеяться, что мне при решении этой проблемы удалось в какой-то степени привить большому коллективу любовь к тонкому экспериментированию и коллективному творчеству, характерному для УФТИ.

Данная книга частично восполняет пробел, который авторы пытались проиллюстрировать на примере создания отечественных магнетронов и некоторых газоразрядных лазеров и ламп. Основной же её целью является освещение проблемы разработки и применения, на основе вышеназванных приборов, новых методов в сфере защиты природы, сохранения здоровья и жизни человека. Выбор методов и технологий для данной книги принадлежит редактору, и он в полной мере несет ответственность за него. Авторы редакци-

руемой книги с начала 90-х годов прошлого века занимались исследованиями по созданию методов экспериментальной физики для природоохранных целей и защиты окружающей среды. Значительная помощь в оформлении рукописи данной книги оказана её авторам Н. С. Сапроновой, за что я от их имени выражаю ей самую искреннюю признательность.

ЛИТЕРАТУРА К ПРЕДИСЛОВИЮ

1. Харківський національний університет ім. В. Н. Каразіна за 200 років / В. С. Бакіров, В. М. Духопельников, Б. П. Зайцев та ін. — Харків : Фоліо, 2004. — 750 с.
2. Мюллер К. Исследование процессов окисления дисилицида вольфрама / В кн.: Новые материалы, получаемые методами порошковой металлургии. Пер. с немецкого Г. Г. Кефера. — М. : Металлургия, 1966. — С. 98–104.
3. Влияние условий получения силицидных слоев на молибдене на некоторые их свойства / Е. П. Нечипоренко, А. Д. Осипов, А. П. Коржавый, Н. С. Полтавцев. В кн.: Температуроустойчивые защитные покрытия. — Л. : Наука, 1968. — С. 68–74.
4. Хауффе К. Реакции в твердых телах и на их поверхности / Пер. с немецкого А. Б. Шектера. — М. : Изд-во иностранной литературы, 1963. Часть 2. — 275 с.
5. Файфер С. И., Кофтелев В. Т., Коржавый А. П. Об электропроводящих керментах для подогревателей катодов // Электронная техника. Материалы. — 1969. — Вып. 6. — С. 3–10.
6. Hochuli U., Haldemann P. Indium Sealing Techniques // Rev. Sci. Instr. — 1972. — V. 43. — P. 1088.
7. Файфер С. И., Кофтелев В. Т., Коржавый А. П. Высокотемпературное диффузионное соединение молибдена и тантала с электропроводящими керметами на основе окиси алюминия / В кн.: Диффузионное соединение в вакууме металлов, сплавов и неметаллических материалов. — М. : Изд-во ПНИЛДСВ, 1970. — С. 111–119.
8. Варенцов В. А., Коржавый А. П., Бритун В. Ф. Исследование границы электроадгезионных соединений некоторых материалов электронной техники // Электронная техника. Материалы. — 1983. — Вып. 12 (085). — С. 36–39.

9. Исследование и разработка методов контроля активного слоя вторичных электронных эмиттеров / *А. И. Бажин, В. П. Шестов, А. П. Коржавый и др.* — М. : ВИНТИ, 1983. — 110 с.
10. Восходящая диффузия примесных атомов замещения в приповерхностном слое кристалла / *А. И. Бажин, С. В. Теплов, А. П. Коржавый* // Украинский физический журнал. — 1987. — Т. 32, № 1. — С. 116–119.
11. *Евдокимов О. И., Коржавый А. П., Шаповал В. З.* Влияние параметров газовой смеси и конструкций разрядного промежутка на генерацию и мощность излучения гелий-неонового лазера // *Электронная техника. Материалы.* — 1986. — Вып. 4 (215). — С. 74–76.
12. Изменение термоэмиссионных свойств катодов типа металл-оксиды ЦМ и ЦЗМ под влиянием электронной бомбардировки / *К. П. Редёга, А. П. Коржавый, А. А. Шмыков, И. А. Тущенко* // *Электронная техника. Материалы.* — 1985. — Вып. 6 (205). — С. 11–14.
13. *Бондаренко Г. Г., Коржавый А. П.* Ионно-плазменное напыление алюминиевых и бериллиевых покрытий на внутренние поверхности полых цилиндрических катодов // *Известия РАН. Металлы.* — 1995. — № 4. — С. 167–171.
14. *Бондаренко Г. Г., Коржавый А. П.* Эффективные эмиттеры на основе никеля, палладия и платины // *Известия РАН. Металлы.* — 2000. — № 4. — С. 114–117.
15. Патент РФ № 2175804. Газовый лазер на тлеющем разряде (по заявке № 2000112332 от 18.05.00) / *Г. М. Калистратова, А. П. Коржавый, А. А. Фомичев и др.* — 2001. — Б. И. № 31.
16. *Коржавый А. П., Марин В. П., Сигов А. С.* Некоторые аспекты создания технологий и конструкций изделий квантовой электроники // *Наукоёмкие технологии.* — 2002. — Т. 3, № 4. — С. 20–31.
17. *Никифоров Д. К., Коржавый А. П., Никифоров К. Г.* Влияние диэлектрического нанослоя на эмиссионные свойства структур Al–Al₂O₃ и Be–BeO // *Известия РГПУ им. А. И. Герцена. Естественные и точные науки. Физика.* — 2009. — № 11 (79). — С. 153–159.

18. А.с. СССР № 1101924. Металлопористый катод прямого накала / *В. Д. Чигринцев, В. В. Бобрецов, А. П. Коржавый и др.* — 1984. — Б. И. № 25.
19. *Капустин В. И., Коржавый А. П.* Новая безреагентная технология для очистки питьевой воды и осадков сточных вод / В кн. : Состояние и охрана окружающей среды в Калуге. — Калуга : Изд-во «Экоаналитика», 2009. — С. 31–33.
20. Основы ведения сельского хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения : учебное пособие / *Г. В. Козьмин, С. В. Круглов, Б. И. Яцало* и др.; Под общ. ред. *А. П. Коржавого*. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. — 184 с.
21. Влияние электромагнитного излучения на изменение концентрации металлов в модельных растворах / *Э. М. Соколов, А. П. Коржавый, Л. Э. Шейнкман, Н. Н. Лапа* // Известия Тульского государственного университета. Экология и рациональное природопользование. — Москва–Тула : Изд-во ТулГУ, 2006. — Вып. 1. — С. 21–29.
22. *Коржавый А. П., Писачев Н. Е., Редёга К. П.* Исследование влияния неоднородности плазмы на работоспособность полового холодного катода // *Электронная техника. Материалы.* — 1977. — Вып. 10. — С. 16–22.
23. Влияние некоторых факторов на образование газовых включений в многослойных материалах / *А. П. Коржавый, Г. Ф. Лоренц, Э. А. Нарусевич, В. М. Соболев* // *Электронная техника. Материалы.* — 1979. — Вып. 4. — С. 8–15.
24. Эффективные катодные материалы / *В. Ф. Арцыхович, Ф. И. Бузол, А. П. Коржавый и др.* // *Электронная промышленность.* — 1984. — Вып. 5. — С. 50–52.
25. *Коржавый А. П., Корчагина Е. Е., Прасицкий В. В.* Малогабаритный холодный катод гелий-неонового лазера // *Электронная техника. Лазерная техника и оптоэлектроника.* — 1986. — Вып. 4 (238). — С. 4–5.
26. Протяженные импрегнированные катоды / *Б. Ю. Адамяк, А. П. Коржавый, В. И. Сень и др.* // *Электронная техника. Электровакуумные и газоразрядные приборы.* — 1986. — Вып. 3 (114). — С. 33–34.

27. О возможности управления свойствами вторично-эмиссионного катода / *К. П. Редёга, В. И. Звонецкий, А. П. Коржавый, А. Н. Прозоров* // *Электронная техника. Материалы.* — 1987. — Вып. 6. — С. 17–21.
28. *Мороков В. И., Коржавый А. П., Савранская Е. С.* Технологические пути повышения качества электродов для источников оптического излучения // *Электронная техника. Материалы.* — 1988. — Вып. 7. — С. 7–10.
29. Установка определения качества холодных катодов газоразрядных приборов / *А. К. Ерохов, А. П. Коржавый, С. Н. Петрунько и др.* // *Электронная промышленность.* — 1989. — Вып. 5. — С. 32.
30. *Korzhavyi A. P., Kristya V. I.* On the calculation of cold cathodes lifetime for helium-neon lasers // *Journ. Appl. Phys.* — 1991. — V. 70, № 9. — P. 5117–5119.
31. *Коржавый А. П., Кристя В. И.* О распределении потенциала в катодном слое тлеющего разряда // *Журнал технической физики.* — 1993. — Т. 63, Вып. 2. — С. 200–202.
32. *Bolgov I. S., Korzhavyi A. P.* Promising directions of development of tape metallic materials for electronics // *Journ. of Advanced Mater.* — 1994. — V. 1 (4). — P. 350–352.
33. *Аитов Р. Д., Коржавый А. П., Кристя В. И.* Влияние зарядки поверхности на коэффициент вторичной электронной эмиссии композиционных катодов // *Радиотехника и электроника.* — 1995. — Т. 40, № 11. — С. 1692–1695.
34. Определение потенциала поверхности диэлектрического слоя на мишени, бомбардируемой ионным пучком / *Р. Д. Аитов, А. П. Коржавый, В. И. Кристя* и др. // *Журнал технической физики.* — 1998. — Т. 68, № 9. — С. 126–128.
35. А.с. СССР № 320851. Материал для вторичноэлектронных эмиттеров / *С. И. Файфер, С. М. Жданов, А. П. Коржавый* и др. — 1971. — Б. И. № 34.
36. А.с. СССР № 375709. Способ изготовления холодных металлических катодов / *А. П. Коржавый, С. И. Файфер, С. М. Жданов* и др. — 1973. — Б. И. № 16.
37. А.с. СССР № 1119102. Материал для электродов импульсных источников света / *В. И. Мороков, А. П. Коржавый, В. И. Ионов* и др. — 1984. — Б. И. № 38.

38. А.с. СССР № 1355032. Способ изготовления протяженного прямоканального металлопористого катода / *В. П. Арсенюк, В. Е. Каменцев, А. П. Коржавый* и др. — 1987. — Б. И. № 43.
39. Патент РФ № 2119218. Газовый моноблочный лазер / *Ю. В. Демиденков, Ю. Ю. Колбас, А. П. Коржавый* и др. — 1998. — Б. И. № 26.
40. Дефекты и физические свойства многокомпонентных электронных материалов / *К. Г. Никифоров, А. П. Коржавый, В. В. Горбачев* и др.; Ред. *К. Г. Никифоров*. — Калуга : Изд-во КГПУ им. К. Э. Циолковского, 1999. — 215 с.
41. *Киселев А. Б.* Металлооксидные катоды электронных приборов. — М. : Изд-во МФТИ, 2001. — 240 с.
42. *Никифоров Д. К., Коржавый А. П., Никифоров К. Г.* Эмиттирующие наноструктуры «металл–оксид металла»: физика и применение : монография / Под ред. *А. П. Коржавого*. — М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 156 с.
43. *Карышев А. К., Егунов Н. Д.* Калужский филиал Московского государственного технического университета имени Н. Э. Баумана: 50 лет (1959–2009) : юбилейное издание. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 280 с.
44. *Бусол Ф. И.* Калужский центр электронного материаловедения. История развития ВНИИМЭТа и Правобережья / В кн.: Калужские вехи временных лет; Отв. ред. *К. Г. Никифоров*. — Калуга : Изд-во Гриф, 2004. — С. 393–418.
45. *Ли И. П.* Магнетроны импульсного действия — всё дело в катоде // *Электроника. НТБ*. — 2012. — № 5. — С. 84–87.