

5. Веттегрень В.И., Мамалимов Р.И., Соболев Г.А. Размытый фазовый переход в поверхностном слое кварца при изменении температуры // Физика твердого тела. 2013. Т. 55, вып. 10.– с.1987–1992.

## **ВОЗРОЖДЕНИЕ КАТОДНО-ВАКУУМНОГО НАПРАВЛЕНИЯ АО «ПЛУТОН»**

### **REVIVAL OF THE CATHODE-VACUUM DIRECTION OF JSC «PLUTON»**

**И.П.Ли / i.li@pluton.msk.ru, Н.Е.Леденцова**

**I.P.Li, N.E.Ledentsova**

АО «Плутон», г. Москва

*В статье рассмотрены основные достижения и перспективы развития Технического центра «Базовые технологии ЭВП» АО «Плутон».*

*The article discusses the main achievements and prospects for the development of the technical center «Basic technologies of EVP» of JSC «Pluton».*

## **ВВЕДЕНИЕ**

### **Статья посвящена 90 – летнему юбилею АО «Плутон»**

Экономический коллапс, охвативший страну в 90-х годах XX столетия, привёл к разорению или перепрофилированию ряда предприятий, занятых в сфере производства электровакуумных приборов, а недофинансирование научно-технологических работ и эпизодичность госзаказов привели к катастрофическому снижению научно-технического потенциала предприятий, в той или иной степени сохранивших своё профильное направление. Безусловно, эти последствия незамедлительно отразились и на функционировании специализированных технологических служб АО «Плутон», в частности, подразделений, связанных с катодно-вакуумной техникой и технологиями (потеря ведущих специалистов, отсутствие финансирования для закупки приборов, оборудования, сырья и полуфабрикатов, всеобщая депрессия и пр.).

Однако, в нулевых годах XXI века приборы СВЧ ЭВП вновь стали востребованными, а задачи по созданию современных приборов с более высокими тактико-техническими характеристиками, - актуальными и жизненно необходимыми. Для решения этих задач необходимо было в кратчайшие сроки возродить катодно-вакуумное направление и, более того, воссоздать его на более высоком научно-техническом уровне. К этому времени в АО «Плутон» сохранилось лишь небольшое число сотрудников в той или иной степени связанных с производством стандартных типов эффективных катодов. Для разработки и выпуска более современных типов приборов, отличавшихся совершенно новыми эксплуатационными параметрами, достигнутого уровня в области катодной техники было явно не достаточно. В связи с этим в 2008 году руководством предприятия было принято решение о создании специального катодного подразделения. В 2009 году это решение было реализовано созданием отдела разработки катодов (ОРК), на тот момент состоявшим из 3 человек. Естественно, отдел с подобным составом, в принципе, не мог решить назревшие за два десятилетия проблемы. Поэтому для реализации задач по созданию высокоэффективных катодов, необходимо было в кратчайшее сроки усилить отдел выпускниками ВУЗов, вернуть на работу хоть часть специалистов-катодников,

оснаститься самым необходимым для работы комплексом технологического и исследовательского оборудования и многое другое.

На подбор выпускников ВУЗов, их переподготовку, на поиск наставников по направлениям, на восстановление утраченных связей с внешними организациями и пр., понадобилось более 3-4 лет. К 2014 году отдел состоял уже из 12 человек, а в 2015 году, после разработки и внедрения в серийное производство ряда инновационных технологий, ОРК был преобразован в Технический Центр «Базовые технологии ЭВП».

В настоящее время ТЦ «Базовые технологии ЭВП» является уникальным, и, пожалуй, единственным в РФ подразделением (рис. 1), состоящим из 26 специалистов, среди которых 1 доктор физико-математических наук, 6 кандидатов наук и 14 молодых специалистов.

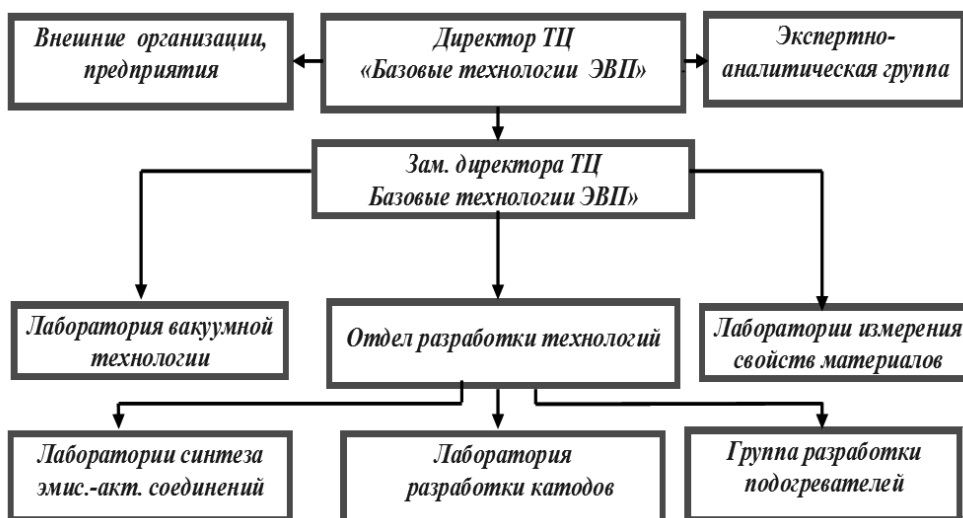


Рис. 1. Структура ТЦ «Базовые технологии ЭВП».

На рис. 2 приведены основные задачи, поставленные перед сотрудниками подразделения, на рис. 3 - направления исследований, а на рис. 4 - схема взаимодействия с внешними организациями и предприятиями.

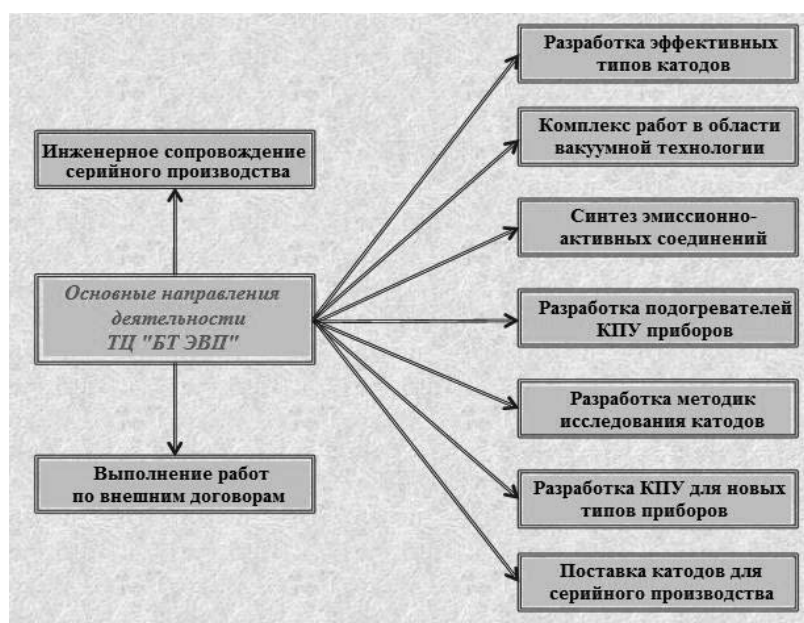


Рис. 2. Задачи ТЦ «Базовые технологии ЭВП».

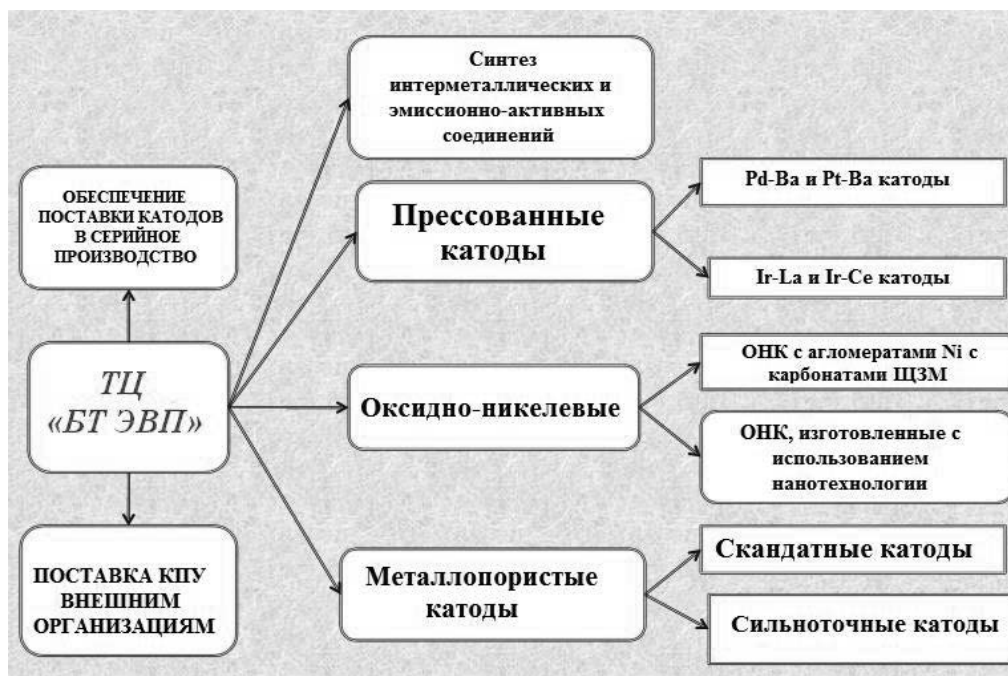


Рис. 3. Направления исследований ТЦ «Базовые технологии ЭВП».

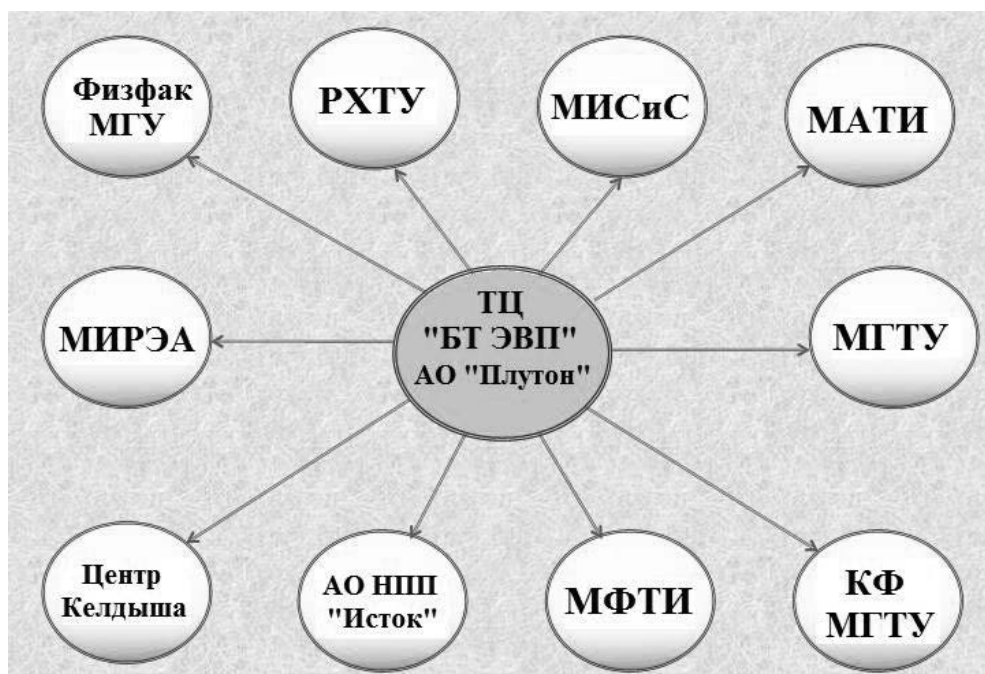


Рис. 4. Взаимодействие ТЦ «Базовые технологии» с внешними предприятиями и организациями.

Сотрудниками подразделения за последние 10 лет были разработаны и реализованы принципиально новые прорывные технологии, которые позволили предприятию выйти на стабильный уровень производства ЭВП:

1. Создание и внедрение в серийное производство управляемой технологии изготовления прессованных палладий-бариевых катодов [1-9] позволило наладить стабильный выпуск магнетронов с безнакальным запуском. Внедрение разработанной технологии в серийное производство позволило существенно снизить (примерно в 4-5 раз)

длительность тренировки в генераторном режиме, повысить выход годных приборов с 45 – 50 % до 70 – 80 % и увеличить КИМ по палладию с  $15^{\pm 5}$  % до  $50^{\pm 5}$  %.

2. Одним из важнейших условий при выпуске приборов СВЧ с оксидными катодами является наличие в производстве качественного, особо чистого тройного карбоната бария-стронция-кальция. В результате ликвидации в 90-х годах завода «Эмитрон», обеспечивавшим тройным карбонатом потребности всех предприятий МЭП в СССР, и отсутствии на рынке более или менее серьёзного изготовителя этой важнейшей продукции, наметился острейший дефицит в тройном карбонате бария-стронция-кальция. К 2020 году эта проблема была успешно решена сотрудниками ТЦ «Базовые технологии ЭВП», силами которых была разработана и внедрена в серийное производство технология синтеза тройного карбоната марки КТА-1-6 [10-11]. В настоящее время ведутся исследования в области создания тройного карбоната бария-стронция-кальция с игольчатой структурой кристаллитов и тройного карбоната, содержащего частицы нанопорошка никеля [12-15]. Также сотрудниками подразделения ведутся работы по внедрению в серийное производство управляемой технологии изготовления пресованных оксидно-никелевых агломерированных катодов [16-18], обладающих высокой тепло- и электропроводностью и стабильными термоэлектронными и вторично-эмиссионными свойствами.

3. На основе результатов исследований, выполненных в последние годы в ТЦ «Базовые технологии ЭВП», в настоящее время ведутся работы по созданию цепочки мощных магнетронов с безнакальным запуском и катодов О-типа с малым, не более 1 с, временем готовности.

4. Достаточно большой интерес представляют также результаты исследований в области откачки ЭВП с использованием акустических ультразвуковых волн непосредственно в процессе их обезгаживания [4]. Данный способ позволяет, наряду с достижением стабильно-высокого вакуумного состояния в приборах, вдвое сократить длительность откачки ЭВП.

Следует также отметить, что сотрудниками ТЦ «Базовые технологии ЭВП» за последние годы опубликовано порядка 200 научных статей, получено 10 патентов на изобретения.

## **ВЫВОДЫ**

Создание в АО «Плутон» специализированного подразделения ТЦ «Базовые технологии ЭВП» позволило в оптимально короткие сроки решить целый спектр задач в области катодно-вакуумных технологий, практическая реализация которых позволила существенно улучшить тактико-технические характеристики выпускаемых предприятием приборов СВЧ диапазона длин волн и использовать эти наработки при проектировании совершенно новых типов ЭВП, востребованных как в народном хозяйстве, так и в оборонно-промышленном комплексе РФ. Таким образом, благодаря сформированной структуре удалось не только сохранить многолетние наработки, но и существенно приумножить потенциал предприятия в области катодно-вакуумных технологий.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ли И.П., Дюбуа Б.Ч., Каширина Н.В., Комиссарчик С.В., Лифанов Н.Д., Зыбин М.Н. / Магнетрон с безнакальным катодом // Патент РФ № 2380784, приоритет с 24.10.2008г.
2. Ли И.П. Наноструктуры в палладий-бариевых катодах в СВЧ-приборах // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. - 2018. - № 5 (00176). - с. 144-151.
3. Ли И.П. Магнетроны импульсного действия - всё дело в катоде // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. - 2012. - № 5 (00119). - с. 84-87.

4. Ли И.П., Петров В.С., Васильевский В.В., Гайдар А.И., Прокофьева Т.В. Исследование процесса активации пресованного палладий-бариевого катода магнетрона с безнакальным запуском // Известия вузов. Электроника № 6(98) 2012. - с. 17-25.

5. Ли И.П., Петров В.С., Поляков В.С., Силаев А.Д., Харитонов Н.Е., Минин А.А., Гайдар А.И. Одновременное активирование автоэлектронного и вторично-эмиссионного катодов магнетрона с безнакальным запуском // Известия вузов. Электроника № 3(107) 2014. - с. 30-37.

6. Polivnikova O.V., Li I.P. Pressed metal-alloy palladium-barium cathode // 978-1-4673-5977-1/13/\$31.00 ©2013 IEEE.

7. Капустин В.И., Ли И.П., Шуманов А.В., Москаленко С.О. Нанокристаллитные фазы в палладий-бариевых катодах СВЧ-приборов // Электромагнитные волны и электронные системы. – 2018. – Т. 23, № 5. – С. 14-21.

8. Капустин В.И., Ли И.П., Шуманов А.В., Москаленко С.О., Буш А.А., Лебединский Ю.Ю. Кристаллическая и электронная структура компонентов палладий-бариевых катодных материалов // Материалы XXV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов «Вакуумная наука и техника». – М.: «Новелла». – 2018. – С. 340-345.

9. Монография. Капустин В.И., Ли И.П. Теория, электронная структура и физикохимия материалов. М.: ИНФРА-М. – 2020. С 263– 309.

10. Приборы электровакуумные / карбонаты щелочноземельных металлов бария, стронция, кальция // ТУ 26.11.12-001-07629356-2018.

11. Ли И.П., Карсакова М.Б., Иванченко И.В., Провоторов М.В. / Размерные и морфологические характеристики осадков тройных карбонатов бария-стронция-кальция, как исходных катодных материалов, в процессах их синтеза в водных растворах // Вакуумная наука и техника: Материалы XXIV научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. Крым, 2017. С. 303-311.

12. Ли И.П., Бажанов Ф.В., Калушин С.В., Леденцова Н.Е., Каширина Н.В. / Магнетрон с пресованным оксидно-никелевым катодом // Патент РФ № 2579006, приоритет изобретения 24 ноября 2014 г.

13. Капустин В.И., Ли И.П., Леденцова Н.Е., Турбина А.В. Электронная структура оксида бария в оксидно-никелевых катодах // INTERMATIC - 2015, часть 2 - С.22-26.

14. Харитонов Н.Е., Ли И.П., Каширина Н.В., Минин А.А. Исследование процессов пресования, спекания и химической обработки пресованных оксидно-никелевых катодов // Вакуумная наука и техника: Материалы XX научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. М., 2013. С. 246-248.

15. Капустин В.И., Ли И.П., Леденцова Н.Е., Кожевникова Н.Е., Серпичев А.С. / Нанопорошок никеля как эффективный активатор оксидно-никелевых катодов // Материалы XXVII научно-технической конференции с участием зарубежных специалистов. Крым 2020., С 251-255.

16. Ли И.П., Лифанов Н.Д., Петров В.С., Ханбеков И.Ф. и др. / Способ откачки ЭВП // Патент РФ № 2644553, приоритет изобретения 24.10.2018г.

17. Ханбеков И.Ф., Петров В.С., Ли И.П., Полунина А.А., Локтев Д.Н. Исследование процессов на поверхности и в объеме материалов магнетрона в условиях термического и термоакустического воздействия на его корпус при откачке воздушной атмосферы // Физика и химия обработки материалов. 2020, № 1, с. 1-7.

18. Ханбеков И.Ф., Ли И.П., Петров В.С., Михайлов В.П. / Применение акустически стимулированной термодесорбции в производстве электровакуумных СВЧ приборов // Материалы XII международной научно-технической конференции. М. 2017. 7174 С. Вакуумная техника, материалы и технология.