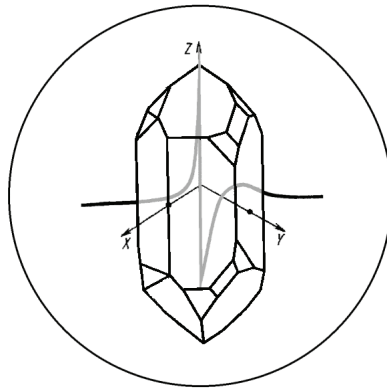


РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Материалы Международной научно-технической
конференции «INTERMATIC – 2012»
3 – 7 декабря 2012 г., Москва

Под редакцией
академика РАН А.С. Сизова

Часть 7

Москва – 2012

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ
ПРОБЛЕМЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО
ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Материалы Международной научно-технической
конференции «INTERMATIC – 2012»
3 – 7 декабря 2012 г., Москва

Под редакцией
академика РАН А.С. Сизова

Часть 7

FUNDAMENTAL PROBLEMS
OF RADIOENGINEERING AND DEVICE
CONSTRUCTION

Proceedings of the International Scientific and
Technical Conference « INTERMATIC – 2012»
December 3 – 7, 2012, Moscow

Edited by A. Sigov

Part 7

Москва - 2012

УДК 539.1: 621.315.5: 621.382:

Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения / Материалы Международной научно – технической конференции «INTERMATIC – 2012», 3–7 декабря 2012 г., Москва. / Под ред. академика РАН А.С. Сигова. – М.: МГТУ МИРЭА – ИРЭ РАН, 2012, часть 7. – 167 с.

ISBN 978-5-7339-0952-3

В настоящий сборник включены материалы Международной НТК INTERMATIC – 2012, отражающие новые результаты научных и инженерных исследований в области проблем надежности и качества.

Сборник рассчитан на специалистов в области физической электроники и технологии радиоэлектронного приборостроения. Он также может быть использован преподавателями, аспирантами и студентами при изучении соответствующих курсов.

В настоящий сборник также включены соответствующие теме материалы IV Всероссийской научно – технической школы – конференции молодых ученых «Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения», 4 – 6 декабря 2012 г., Москва.

Выполнено при финансовой поддержке РФФИ

Редакционная коллегия:

Ю.В. Гуляев (председатель), А.С. Аджемов, К.А. Воротилов,
П.А. Лучников, А.И. Морозов, С.А. Никитов, В.Г. Орлов,
А.С. Сигов (ответственный редактор)

Научное издание

Редактор – *А.П. Лучников*
Компьютерная верстка - *Д.С. Серегин*

Подписано в печать с оригинал-макета 26.11.2012 г.
Формат 84x108/16. Бумага офсетная. Усл. печ.л. 19,23. Уч. Изд. Л. 21,63.
Тираж 150 экз.

РИО МГТУ МИРЭА. 119454, Москва, пр. Вернадского 78.
Отпечатано в типографии ООО «Галлея-Принт»

ISBN 978-5-7339-0952-3

© МГТУ МИРЭА, ИРЭ РАН, 2012

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

**РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

**ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ РАН
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАДИОТЕХНИКИ, ЭЛЕКТРОНИКИ
И АВТОМАТИКИ**

**МОСКОВСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ СВЯЗИ
И ИНФОРМАТИКИ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

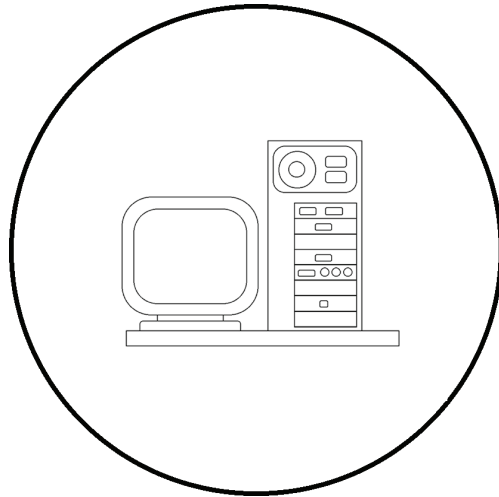
ПРИ УЧАСТИИ:

**РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК
ЖУРНАЛА «НАНОМАТЕРИАЛЫ И НАНОСТРУКТУРЫ»**

ЖУРНАЛА «НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК НАУКИ СИБИРИ»

ЖУРНАЛА «РАДИОТЕХНИКА»



Проблемы надежности и качества

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНОГО МОДУЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОИЗВОДСТВА С УЧЁТОМ
УРОВНЯ ПРИВНОСИМЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ**

© 2012 г. С.В. СТЕПАНЧИКОВ

Московский государственный институт электроники и математики
(технический университет)
e-mail: ienmiem@mail.ru

Проведем оценку уровня загрязнений микрочастицами технологической среды [1] при работе вакуумного модульного оборудования – $D_{\text{раб.}}$, который равен отношению числа генерируемых микрочастиц к допустимому числу микрочастиц в единицу времени:

$$D_{\text{раб.}} = \sum_{i=1}^m D_i, \quad (1)$$

где D_i – компоненты уровня загрязнений микрочастицами;
 m – количество существенных источников загрязнений.

При работе рассматриваемого оборудования необходимо учитывать следующие основные составляющие:

$D_{\text{атм.}}$ – составляющая уровня загрязнений микрочастицами, привносимыми в вакуумный объем из атмосферы;

$D_{\text{газ.}}$ – составляющая уровня загрязнений микрочастицами, привносимыми в вакуумный объем с напускаемыми газами;

$D_{\text{мех.}}$ – составляющая уровня загрязнений микрочастицами, генерируемыми из движущихся узлов внутрикамерных механических систем и устройств.

$D_{\text{кам.}}$ – составляющая уровня загрязнений микрочастицами, отделяющимися с поверхностей камеры и внутрикамерных систем во время работы оборудования;

$D_{\text{тех.}}$ – составляющая уровня загрязнений микрочастицами, привносимыми в вакуумный объем при работе технологических систем.

По данным работ [2,3] «удельный вес» не превышает для составляющих: $D_{\text{атм.}}$ – 10%, $D_{\text{газ.}}$ – 8%, $D_{\text{мех.}}$ – 40%, $D_{\text{кам.}}$ – 7%, $D_{\text{тех.}}$ – 35%.

С учетом (1), контролируемую технологическую среду можно характеризовать показателем качества среды по уровню загрязнений микрочастицами – K_D .

$$K_D = \frac{D_0}{D_0 + D_{\text{раб.}}},$$

где D_0 – уровень загрязнений микрочастицами вакуумного объема до момента, предшествующего началу работы оборудования, равный отношению фонового числа микрочастиц к допустимому числу микрочастиц в единицу времени.

На Рис. 1 показана схема формирования уровня загрязнений микрочастицами технологической среды при работе сверхвысоковакуумного оборудования.

Как видно из приведенной схемы, уровень загрязнений микрочастицами $D_{\text{раб.}}$ в общем виде представляется зависимостью:

$$D_{\text{раб.}} = \varphi_1(\alpha_1, \dots, \alpha_k) + \varphi_2(\beta_1, \dots, \beta_l) + \varphi_3(\gamma_1, \dots, \gamma_n) + \varphi_4(\delta_1, \dots, \delta_q) + \varphi_5(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_p),$$

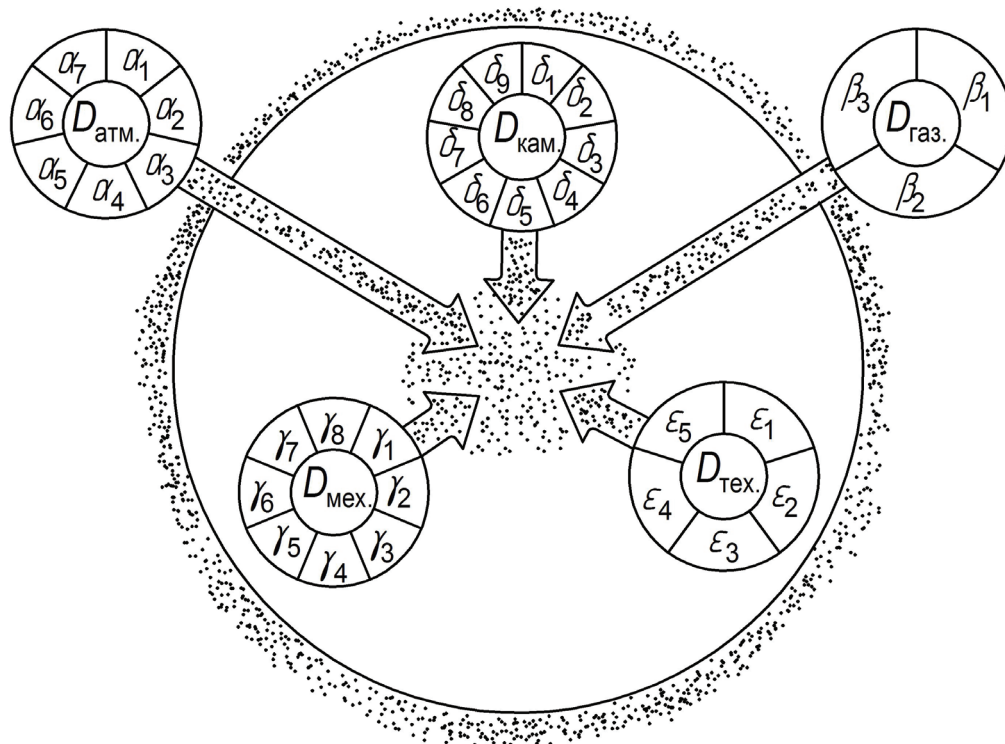


Рис. 1. Схема формирования уровня загрязнений микрочастицами технологической среды при работе сверхвысоковакуумного модульного оборудования.

где $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ – частные параметры, учитывающие влияние конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов на формирование составляющих уровня загрязнений микрочастицами $D_{\text{атм.}}, D_{\text{газ.}}, D_{\text{мех.}}, D_{\text{кам.}}, D_{\text{тех.}}$ соответственно;

k, l, n, q, p – количество частных параметров, оказывающих влияние на формирование уровня загрязнений микрочастицами.

Рассмотрим параметры, оказывающие влияние на формирование составляющих уровня загрязнений микрочастицами.

На составляющую $D_{\text{атм.}}$ оказывают влияние частные параметры:

α_1 – параметр, характеризующий класс чистоты помещения, в котором расположено оборудование или шлюзовое устройство;

α_2 – параметр, характеризующий температуру воздуха в помещении, в котором расположено оборудование или шлюзовое устройство;

α_3 – параметр, характеризующий влажность воздуха в помещении, в котором расположено оборудование или шлюзовое устройство;

α_4 – параметр, характеризующий степень чистоты поверхностей объектов, помещаемых в вакуумный объём;

α_5 – параметр, характеризующий конструктивное исполнение шлюзового устройства;

α_6 – параметр, характеризующий вибрации в помещении, в котором расположено оборудование или шлюзовое устройство;

α_7 – параметр, характеризующий шум в помещении, в котором расположено оборудование или шлюзовое устройство.

Составляющая $D_{\text{газ.}}$ формируется под воздействием частных параметров:

β_1 – параметр, характеризующий степень чистоты напускаемых в вакуумный объём газов;

β_2 – параметр, характеризующий конструктивное исполнение устройства напуска газа;

β_3 – параметр, характеризующий чистоту поверхности натекателя.

На составляющую $D_{\text{мех.}}$ воздействуют частные параметры:

γ_1 – параметр, определяющий характер трения;

γ_2 – параметр, определяющий характеристику материалов и покрытий контактирующих поверхностей;

γ_3 – параметр, характеризующий относительную скорость перемещения контактирующих поверхностей;

γ_4 – параметр, характеризующий удельное давление в контакте;

γ_5 – параметр, характеризующий температуру в зоне контакта;

γ_6 – параметр, характеризующий качество обработки контактирующих поверхностей;

γ_7 – параметр, характеризующий геометрию контактирующих поверхностей;

γ_8 – параметр, характеризующий вибрации в зоне контакта.

Составляющая $D_{\text{кам.}}$ зависит от частных параметров:

δ_1 – параметр, определяющий характеристику материалов поверхностей камеры и внутрикамерных систем;

δ_2 – параметр, характеризующий конструктивное исполнение вакуумной камеры;

δ_3 – параметр, характеризующий степень чистоты поверхностей камеры и внутрикамерных систем до начала работы оборудования;

δ_4 – параметр, характеризующий скорость откачки;

δ_5 – параметр, характеризующий скорость напуска газа;

δ_6 – параметр, характеризующий температуру камеры и внутрикамерных систем;

δ_7 – параметр, характеризующий давление в камере;

δ_8 – параметр, характеризующий влажность в камере;

δ_9 – параметр, характеризующий вибрацию оборудования.

При оценке составляющей $D_{\text{тех.}}$ необходимо учитывать частные параметры:

ε_1 – параметр, характеризующий тип технологического процесса;

ε_2 – параметр, характеризующий конструктивное исполнение технологического устройства;

ε_3 – параметр, определяющий характеристику материалов технологических устройств;

ε_4 – параметр, характеризующий степень чистоты используемых технологических материалов;

ε_5 – параметр, характеризующий температуру технологического процесса.

Частные параметры $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \varepsilon$ позволяет оценить качественные характеристики исходных данных, связанных с конструктивными, технологическими и эксплуатационными факторами работы модульного оборудования и в этой связи могут быть сгруппированы следующим образом:

$\alpha_5, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2, \delta_2, \delta_9, \varepsilon_2$ – частные параметры, учитывающие влияние конструктивных факторов;

$\alpha_1, \alpha_4, \beta_1, \beta_3, \gamma_3, \gamma_6, \delta_1, \varepsilon_1, \varepsilon_3, \varepsilon_4, \varepsilon_5$ – частные параметры, учитывающие влияние технологических факторов;

$\alpha_2, \alpha_3, \alpha_6, \alpha_7, \gamma_5, \gamma_4, \gamma_5, \gamma_8, \delta_3, \delta_4, \delta_5, \delta_6, \delta_7, \delta_8$ – частные параметры, учитывающие влияние эксплуатационных факторов.

Группировка частных параметров позволяет сделать вывод о том, что значительная их часть, в том числе $\alpha_5, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2, \delta_2, \delta_9, \varepsilon_2$ могут быть оптимизированы на стадии проектирования оборудования, в процессе которого должны быть учтены также технологические и эксплуатационные факторы.

Очевидно, что взаимосвязь частных параметров должна отвечать условиям минимизации функций, определяющих уровень загрязнений микрочастицами технологической среды при работе сверхвысоковакуумного модульного оборудования, т.е.

$$D_{\text{атм.}} = \min \varphi_1(\alpha_1, \dots, \alpha_k);$$

$$D_{\text{газ.}} = \min \varphi_2(\beta_1, \dots, \beta_l);$$

$$\begin{aligned}
 D_{\text{мех.}} &= \min \varphi_3(\gamma_1, \dots, \gamma_n); \\
 D_{\text{кам.}} &= \min \varphi_4(\delta_1, \dots, \delta_q); \\
 D_{\text{тех.}} &= \min \varphi_5(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_p).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Последние следует рассматривать как основы рационального проектирования сверхвысоковакуумного модульного оборудования с учётом уровня привносимых загрязнений на изделия электронной техники на стадиях предварительной разработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вакуумное модульное оборудование для экологически чистых и ресурсосберегающих технологий: Анализ проблем. Пути решения: Монография / *Ивашов Е.Н., Ковалёв Л.К., Степанчиков С.В.* и др. – М.: Московский полиграфический дом, 1999. – 96 с.
2. Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: *Фролов К.В.* (пред.) и др. – М.: Машиностроение. Технологии, оборудование и системы управления в электронном машиностроении. Т. III-8 / *Панфилов Ю.В., Ковалёв Л.К., Блохин В.Г.* и др.; Под. общ. ред. *Ю.В. Панфилова*, 2000. – 744 с.
3. Производство тонкоплёночных структур в электронном машиностроении: Учебник в 2-х томах. Т.1 / *Александрова А.Т., Ивашов Е.Н., Степанчиков С.В.* и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. – 462 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Проблемы надежности и качества	5
1. Поло Р.А. Эксплуатационная надежность Микроэлектронной техники (ч.1)	7
2. Поло Р.А., Федоткин А.А. Ускоренные испытания микросхем как метод прогнозирования их надежности	14
3. Русанов К.Е., Новикова А.И. Повышение уровня надежности действий персонала систем термодиагностики	19
4. Горбоконенко Е.Е. Основные проблемы качества бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов	21
5. Казанцева О.В., Карелин А.В. Повышение надежности строителя местной вертикали	25
6. Гребенюк В.М. Анализ действующего нормативно-методического обеспечения качества сложных информационных систем	29
7. Клёсова Ю.В. Стенд для сертификационных испытаний транспондеров VDL mode 4	32
8. Жодзишский А.И., Сигов А.С., Цадиковский Е.И., Тарасенко Т.Е. Концепция формирования «Единого информационного пространства глобальной безопасности» - традиционные решения и новые подходы	36
9. Дудкин А.Ф., Гавриш С.А., Свинтицкий Я.В., Большаков В.О. Развитие наукоёмкой инфраструктуры стран СНГ: открывающиеся инновационные и инвестиционные возможности	47
10. Чурсин О.Б., Цадиковский Е.И., Линьков А.Д., Дорофеев Р.Ю., Тарасенко Т.Е. Подсистема предупреждения о космических угрозах в составе пилотной версии проекта МАКСМ	52
11. Пулинец С.А., Давиденко Д.В., Линьков А.Д., Тарасенко Т.Е. Проблема многопараметрического анализа данных прогнозного сейсмомониторинга и пути её решения. Спутниковым технологиям нет альтернативы	57
12. Жодзишский А.И., Линьков А.Д., Шебанов Е.А., Тарасенко Т.Е. Система мониторинга критически важных объектов и перевозок опасных грузов	66
13. Печерская Р.М., Вареник Ю.А., Карпанин О.В., Метальников А.М. Автоматизированный лабораторный практикум по материалам и элементам электронной техники	68
14. Поло Р.А., Толпыкин И.Б., Филиппов А.А. Методы повышения эффективности организационно-экономической деятельности бизнеса в условиях рыночной экономики России	71

15. Балан Н.Н., Васин В.А., Ивашов Е.Н., Корпачёв М.Ю., Лучников, П.А., Степанчиков С.В. Критерий качества в УФ - литографии	75
16. Рощин К.В. Метод оценки времени до разрушения радиоэлементов при вибрационных воздействиях	79
17. Ивашов Е.Н., Корпачёв М.Ю., Костомаров П.С. Алгоритм выбора технологического решения в ультрафиолетовой литографии	82
18. Балан Н.Н., Васин В.А., Ивашов Е.Н., Костомаров П.С., Степанчиков С.В. Обобщенный критерий оценки качества оборудования иммерсионной УФ - литографии	88
19. Гребенюк В.М. Анализ состояния проблем по обеспечению качества сложных информационных систем	93
20. Аймалетдинов М.Н. Системные причины противодействия проведению реформ на предприятии и методы преодоления сопротивления	98
21. Аймалетдинов М.Н., Есаулов Н.П. Системные методы повышения конкурентоспособности продукции в условиях современного кризиса	102
22. Слепченко Д.А., Филаткин П.В., Есаулов Н.П. Понятия, цели, задачи и основные инструменты экспертизы нормативных документов и стандартов	106
23. Аймалетдинов М.Н., Есаулов М.Н., Яранцев Н.В. Основы стратегического планирования организации	113
24. Дроздова Н.М., Попов Р.А., Слепченко Д.А. Методика повышения качества воды	118
25. Дроздова Н.М., Попов Р.А., Слепченко Д.А. Определение качества питьевой воды по химическим показателям	124
26. Степанчиков С.В. Проектирование сверхвысоковакуумного модульного оборудования электронного производства с учётом уровня привносимых загрязнений	129
27. Кузнецов П.С., Степанчиков С.В. Выбор типа электродвигателя для приводов устройств с бесконтактным магнитным взаимодействием	133
28. Балыко И.А., Левашов С.В., Холодов Д.В., Балыко А.К. Решение системы линейных уравнений с избыточным числом уравнений	136
29. Балыко И.А., Левашов С.В., Холодов Д.В., Балыко А.К. Выражения для сумм рядов с биномиальными коэффициентами	139
30. Перфильев Ю.С., Суржикова О.А., Иванов В.И. Новые требования к качеству российского высшего образования	143
31. Перфильев Ю.С., Суржикова О.А., Развитие евроинтеграционных процессов в сфере образования	146
32. Перфильев Ю.С., Суржикова О.А., Иванов В.И. Автомизация ВУЗов России и болонский процесс	148

33. Перфильев Ю.С., Суржикова О.А., Иванов В.И. Проблемы управления системой высшего профессионального образования	151
34. Филиппов А.А. Использование нематериальных активов для оптимизации налога на прибыль	153
35. Перфильев Ю.С., Суржикова О.А. Задачи эффективной деятельности научно-образовательного комплекса федерального округа	157
36. Ланцев А.Н., Лучников П.А., Назаренко А.А. Повышение надежности полупроводниковых охладителей микросистем вакуумными полимерными покрытиями	159
