

Э.А. Соснин

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ
ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ
СПОНТАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Руководство для разработчика



Э.А. Соснин

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ
ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ИСТОЧНИКОВ
СПОНТАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Руководство для разработчика

**Издательство Томского университета
2004**

УДК 001:5+535.14+ 519.713+008:001.8
ББК С66
С54

Соснин Э.А.

С54 Закономерности развития газоразрядных источников спонтанного излучения: Руководство для разработчика. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2004. – 106 с.

ISBN 5-7511-1856-1

Технические системы развиваются по определенным законам, используя которые можно ускорить поиск технических решений при развитии той или иной технологии.

Методологическую базу книги составляют законы эволюции целенаправленных систем (Альтшуллер Г.С., 1973; Злотин Б.Л., 1989; Корогодин В.И., 1991). На их основе анализируется развитие источников спонтанного излучения. Даются рекомендации по созданию, совершенствованию и прогнозированию развития источников света. Все положения иллюстрируются примерами из фотоники и светотехники. Обобщен материал, содержащийся в более чем ста книгах, патентах и статьях.

Книга написана как руководство для разработчиков источников спонтанного излучения. Она адресована научным работникам, инженерам, изучающим и конструирующим источники излучения, а также специалистам по проблемам творчества. Книга также может использоваться студентами университетов в учебных курсах по специальностям «Светотехника и источники света» (180600) и «Опτικο-электронные приборы и системы» (190700).

**УДК 001:5+535.14+ 519.713+
008:001.8**

ББК С66

В оформлении обложки использован рисунок кубофутуриста И.В. Ключкова «Озонатор». 1914.

Книга издана при финансовой поддержке Минобразования РФ, грант № Г02-1.4-377

ISBN 5-7511-1856-1

© Э.А. Соснин, 2004

TOMSK STATE UNIVERSITY

E.A. Sosnin

**PRINCIPLES OF DEVELOPMENT OF GAS
DISCHARGE SPONTANEOUS RADIATION
SOURCES**

The developer manual

**Tomsk State University Publ.
2004**

Edward A. Sosnin

Principles of development of gas discharge spontaneous radiation sources: the developer manual. – Tomsk: Tomsk State University Publ., 2004. – 106 p.

ISBN 5-7511-1856-1

The technical systems develop under the certain laws whereby the acceleration of hunting of the technical decisions at development of current technology can be realized.

The methodological foundation of the book is compiling of the laws of evolution of purposeful systems (Altshyller G.S., 1973; Korogodin V.I., 1991; Zlotin B.L., 1989). On their basis the development of spontaneous radiation sources is analyzed. The recommendations for creation, upgrading and forecasting of light sources evolution are given. All aspects are illustrated by examples from photonics and lighting technology. The data contained in more than hundred books, patents and articles is generalized.

The book is written as a manual for the developers of spontaneous radiation sources. It is addressed to the scientists, engineers, and also experts in problems of creativity. The book also can be used by the students of universities in academic courses on “Lighting Engineering” (180600) and “Optoelectronic devices and systems” (190700) specialties.

In book cover design is used drawing “Ozonator” (1914) by Russian cubefuturist I.V. Klunkov.

*The work is promoted by financial support
of Russia Federation Education Ministry Grant Г02-1.4-377*

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Принятые в книге сокращения	8
Глава 1. Источник спонтанного излучения как работоспособная техническая система	9
1.1. Элементы ТС ИСИ. Закон полноты частей системы	9
1.2. Закон энергетической проводимости	12
1.3. Закон стремления ТС к идеальности	15
Глава 2. Динамические законы развития ТС ИСИ	20
2.1. Закон неравномерности развития ТС ИСИ	20
2.2. Закон согласования–рассогласования ТС ИСИ	24
2.3. Повышение динамичности и управляемости ТС ИСИ	29
2.4. Развертывание–свертывание ТС ИСИ и переход к надсистеме	32
2.5. Этапы развития ТС ИСИ	37
Глава 3. Приемы устранения противоречий в технике ИСИ	48
3.1. Принцип дробления	48
3.2. Принцип вынесения	51
3.3. Принцип местного качества	52
3.4. Принцип асимметрии	53
3.5. Принцип объединения	56
3.6. Принцип универсальности	57
3.7. Принцип «матрешки»	58
3.8. Принцип предварительного антидействия	60
3.9. Принцип предварительного действия	60
3.10. Принцип «заранее подложенной подушки»	60
3.11. Принцип «наоборот»	61
3.12. Принцип сфероидальности	62
3.13. Принцип динамичности	64
3.14. Принцип частичного или избыточного действия	65
3.15. Принцип перехода в другое измерение	65
3.16. Принцип использования механических колебаний	66
3.17. Принцип периодического действия	67
3.18. Принцип непрерывного полезного действия	68
3.19. Принцип проскока	68
3.20. Принцип «обратить вред в пользу»	68
3.21. Принцип обратной связи	69
3.22. Принцип «посредника»	70
3.23. Принцип самообслуживания	71

3.24. Принцип копирования	73
3.25. Дешевая недолговечность взамен дорогой долговечности	74
3.26. Замена механической схемы	75
3.27. Использование гибких оболочек и тонких пленок	77
3.28. Применение пористых материалов	77
3.29. Принцип изменения окраски	78
3.30. Принцип однородности	80
3.31. Принцип отброса и регенерации частей	80
3.32. Изменение физико-химического состояния объекта	81
3.33. Использование теплового расширения	82
3.34. Принцип применения инертной среды	82
3.35. Принцип эквипотенциальности	83
3.36. Принцип применения сильных окислителей	83
Глава 4. Построение надсистем с участием ИСИ	84
Литература	93

CONTEXT

Introduction	5
Abbreviations	8
Section 1. Spontaneous radiation source as efficient engineering system	9
1.1. Elements of SRS ES. Completeness law	9
1.2. Energy conductivity law	12
1.3. The law of ES aspiration to ideality	15
Section 2. The dynamic principles of ES evolution	20
2.1. Evolution irregularity law	20
2.2. ES coordination – mismatch law	24
2.3. Controllability growth law	29
2.4. Development-transvection of ES and transition to supersystem	32
2.5. Evolution stages of SRS ES	37
Section 3. Methods of contradictions elimination in engineering of SRS	48
3.1. Fragmentation principle	48
3.2. Remote principle	51
3.3. Local quality principle	52
3.4. Asymmetry principle	53
3.5. Aggregation principle	56
3.6. Universality principle	57
3.7. “Matreshka” principle	58
3.8. Preantiation principle	60
3.9. Preaction principle	60
3.10. Opportunely enclosed pillow principle	60
3.11. <i>Vice versa</i> principle	61
3.12. Using of spheroidal design	62
3.13. Dynamic principle	64
3.14. Partial or superfluous action principle	65
3.15. Transition to other dimension principle	65
3.16. Use of mechanical oscillations	66
3.17. Periodical motion principle	67
3.18. Continuous useful action principle	68
3.19. Overshoot principle	68
3.20. Applying of harm to the benefits	68
3.21. Feedback principle	69
3.22. Vehicle principle	70

3.23. Self-service principle	71
3.24. Copying principle	73
3.25. Cheap fragility instead of expensive durability	74
3.26. Replacement of mechanical scheme	75
3.27. Use of flexible environments and thin films	77
3.28. Application of porous materials	77
3.29. Change of coloration	78
3.30. Uniformity principle	80
3.31. Removing and regeneration of components principle	80
3.32. Change of physicochemical condition of object	81
3.34. Use of thermal expansion	82
3.35. Inert media application principle	82
3.36. Equipotentiality principle	83
3.37. Strong oxidizing agents application principle	83
Section 4. Construction of supersystems with participation of SRS	84
References	93

Введение

Изобретательность состоит в том, чтобы сопоставлять вещи и распознавать их связь.

Люк де Клапье Вовенарг

Целью настоящей книги является описание закономерностей и создание прогнозов развития технической системы газоразрядных источников спонтанного излучения (ТС ИСИ).

Источники спонтанного излучения – устройства, преобразующие какой-либо вид энергии (электрической, тепловой, химической) в энергию электромагнитных волн в оптическом диапазоне длин волн, нашли широкое применение в быту, производстве, науке, технике и технологии. Примерно 13–14 % всей электроэнергии в мире расходуется при эксплуатации источников оптического излучения.

Каждый источник света отличается своими уникальными физическими и эксплуатационными параметрами: уровнем средней и удельной мощности, спектральным составом излучения, эффективностью, ресурсом работы, массой, габаритами, стоимостью. Параметры определяют специфику использования того или иного ИСИ в рамках данной конкретной задачи или целевом звене (ЦЗ).

По своей физической природе все существующие ИСИ можно разделить на тепловые и люминесцентные. Промышленные тепловые источники, в которых используется излучение нагретых тел (главным образом к ним относятся лампы накаливания), наиболее просты в изготовлении и эксплуатации, однако имеют низкие ресурс, светоотдачу (не более 10–20 лм/Вт) и цветность, сильно отличающуюся от цветности дневного света.

Люминесцентные ИСИ, в основе действия которых лежат различные способы превращения отдельных видов энергии непосредственно в оптическое излучение, характеризуются существенно более высокими величинами светоотдачи (до 100 лм/Вт и более) и ресурса (до 10–15 тысяч часов). Одним из важных преимуществ данных ИСИ, среди которых наибольшее распространение получили электр люминесцентные, является

разнообразие спектров излучения, что обеспечивает возможность использования их в различных технологиях. К основным недостаткам данных ИСИ можно отнести, прежде всего, большую стоимость, сложность и высокую технологию при изготовлении, необходимость обеспечения условий запуска и функционирования [1–6]. Электролюминесцентные источники называются в инженерных справочниках газоразрядными лампами: согласно ГОСТ 15049–81, СТ СЭВ 2737–80 разрядным источником света или разрядной лампой называют электрическую лампу, в которой свет создается в электрическом разряде в газе и/или парах металла. Электрический разряд обеспечивает различные изменения энергетических состояний валентных электронов атомных и молекулярных оболочек газов, заполняющих колбу лампы, что, в свою очередь, определяет спектральный состав получаемого оптического излучения.

Примером впечатляющего прорыва в создании и применении люминесцентных источников излучения является появление эксиламп. Это ИСИ ультрафиолетового (УФ) и вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) диапазонов спектра [7]¹. Отличительными чертами таких источников являются, во-первых, эффективное преобразование электрической энергии в световую за счет образования эксимерных и эксиплексных молекул в условиях газоразрядной плазмы и последующего высвечивания ими квантов света. Во-вторых, спектр излучения

¹ Эксилампы излучают за счет распада эксимерных молекул (эксиплексов – от англ. *excited complex (exciplex)* – возбужденный комплекс, если речь идет о гетероядерной молекуле (например, XeF*)) или эксимерных молекул (эксимеров – от англ. *excited dimer (excimer)* – возбужденный димер, если речь идет о молекуле, состоящей из одинаковых атомов (например, Ar₂*)).

Эксиплексные и эксимерные молекулы являются неустойчивыми химическими соединениями, существующим только в возбужденных электронных состояниях, поэтому время жизни такой молекулы в возбужденном состоянии ограничено и составляет для разных эксиплексов от 10⁻⁹ до 10⁻⁷ с. Спонтанный распад таких молекул на отдельные атомы сопровождается высвечиванием характерного для данного комплекса кванта света. Излучение эксиламп является узкополосным, а максимумы полос излучения, в зависимости от используемой молекулы, располагаются в диапазоне от 126 до 354 нм.

состоит преимущественно из *относительно узкой полосы*² соответствующей молекулы. Это позволяет селективно воздействовать на объекты облучения теми длинами волн излучения, которые приводят к наибольшему полезному эффекту, т.е. увеличить КПД технологического процесса, в котором используется эксилампа.

В-третьих, рабочие смеси данных ИСИ, состоящие из инертных газов или их смесей с галогенами, экологически безопасны по сравнению с рабочей смесью ртутных ламп, излучающих в том же спектральном диапазоне. Эти уникальные свойства позволили с успехом применить их, например, для фотохимических приложений [8], в аналитической химии [9], фотобиологии [10], микроэлектронике [11–13] и научных исследованиях [14].

Развиваются и другие интересные технологии получения спонтанного излучения, о которых тоже пойдет речь в книге.

Таким образом, с конца прошлого века фотоника испытывает бум новых технологий: появляются новые источники излучения, ширятся области их применения.

Настоящая книга задумана как попытка систематизировать описание закономерностей развития газоразрядных ИСИ, а также дать ряд прогнозов развития этих систем и наметить новые области их применения. Для этого использовался опыт анализа закономерностей развития технических систем, накопленный в ТРИЗ [15]. Книга адресована специалистам по фотонике и студентам университетов, специализирующимся на разработке и применении ИСИ.

Автор будет рад сотрудничеству с читателями, заинтересовавшимися темой книги. Представленный здесь фактический материал нуждается в пополнении, и автор с благодарностью примет любые сведения, которые могли бы его расширить.

Автор благодарит всех авторов-разработчиков, с которыми ему посчастливилось общаться и которые поделились с ним своим опытом разработки ИСИ. Автор также благодарен коллективу кафедры квантовой электроники и фотоники радиофизического факультета Томского государственного

² Полуширина полос составляет от единиц до десятков нанометров.

университета, поверившему в него и зимой 2002 года проголосовавшему за его зачисление в преддокторантуру университета с научным проектом «Ультрафиолетовые газоразрядные эксилампы и их применение в фотохимии и фотобиологии».

Сентябрь 2004 г.