

Перспективы применения автокатодных люминесцентных ламп

Д.С. СТРЕБКОВ, В.З. ТРУБНИКОВ, Н.Н. ЧАДАЕВ¹, Е.П. ШЕШИН

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства ФАНО России»; ФГБОУ ВПО «МФТИ ГУ», Москва

Аннотация

Сообщается о результатах комплексных работ по совершенствованию конструкции, схем питания и подготовке промышленного производства автокатодных люминесцентных ламп. Обсуждается их перспективность как ламп общего и специального назначения.

Ключевые слова: автокатодная лампа, люминесцентная лампа, однопроводная электрическая линия, однопроводная линия, трансформатор Теслы.

Введение

Наряду со всем известными видами высокоэффективных источников света – ЛЛ, КЛЛ, МГЛ, СД-ламп и др., развитие которых продолжается, представляются перспективными источники света, в которых возбуждение люминофора производится автоэмиссионными электронами из катодов на основе наноструктурированного углерода. При этом [1, 2]: автоэмиссия представляет собой «вытягивание» электронов из катода электрическим полем и происходит практически без затрат энергии; электроны, вылетевшие из катода под действием поля модулятора, ускоряются электрическим полем и вызывают свечение люминофора, нанесённого на анод; спектр свечения определяется свойствами используемого люминофора (смеси люминофоров), а слой алюминия на тыльной стороне люминофорного покрытия служит зеркалом для отражения света во вне лампы.

Основными элементами автокатодных люминесцентных ламп (АКЛЛ) любой модификации являются [2]: автокатод (на основе наноструктурированного углерода) и модулятор (из нержавеющей стали), составляющие катодомодуляторный узел (КМУ); анод (из алюминия и люминофора); сте-

клянный корпус. Новизна этих излучателей – в автокатоде и электронном прожекторе, который обеспечивает облучение люминесцентного экрана.

В «МФТИ ГУ» разработаны весьма устойчивые и надёжные автокатоды из наноструктурированных углеродных материалов [2, рис. 4], которые при определённых режимах эксплуатации имеют практически неограничен-

ный эмиссионный ресурс, и различные конструкции КМУ, позволяющие наряду с выбором анодного напряжения обеспечивать равномерность и необходимую интенсивность свечения люминофора на аноде. Эти обстоятельства в основном и определяют крайне высокую долговечность ламп с такими автокатадами. Стабильность работы ряда лабораторных образцов АКЛЛ, созданных в «МФТИ ГУ», сохраняется уже примерно 10 лет. Аналогичных автокатодов и стабильности работы АКЛЛ пока нигде в мире нет, несмотря на интенсивные научные поиски в таких странах как Великобритания, КНР, Республика Корея, США и Япония.

АКЛЛ, прежде всего, позиционируются как экономичные и экологичные



Рис. 1. Лабораторный образец АКЛЛ белого «матового» света (июль 2011 г.)

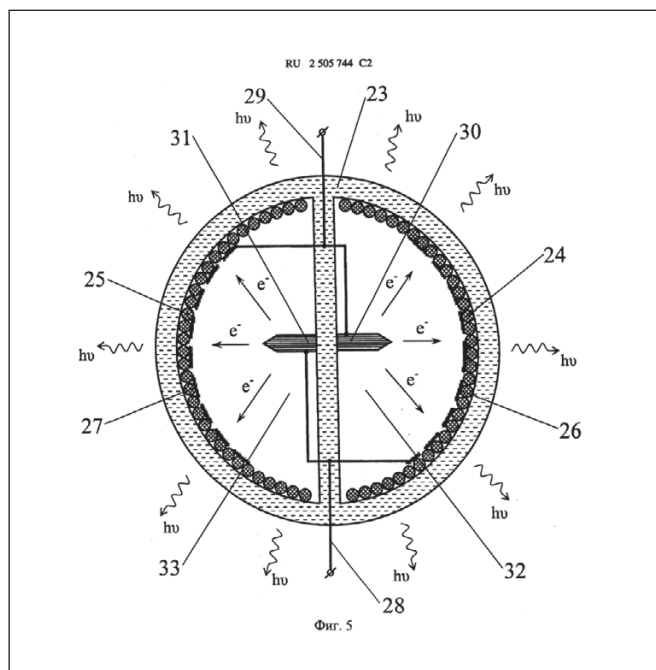


Рис. 2. АКЛЛ в диодном исполнении. Содержит сдвоенный автокатод – для работы на переменном токе

¹ E-mail: chadaev@mail.mipt.ru

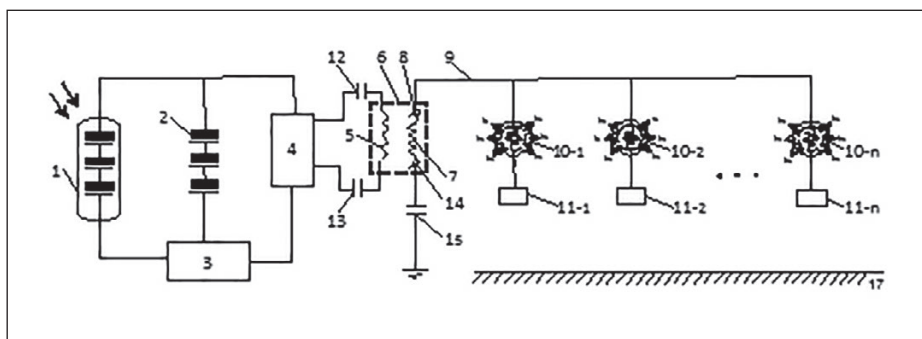


Рис. 3. Групповое подключение АКЛЛ к общему источнику питания. Балластным элементом является ёмкость между корпусом светильника и землёй

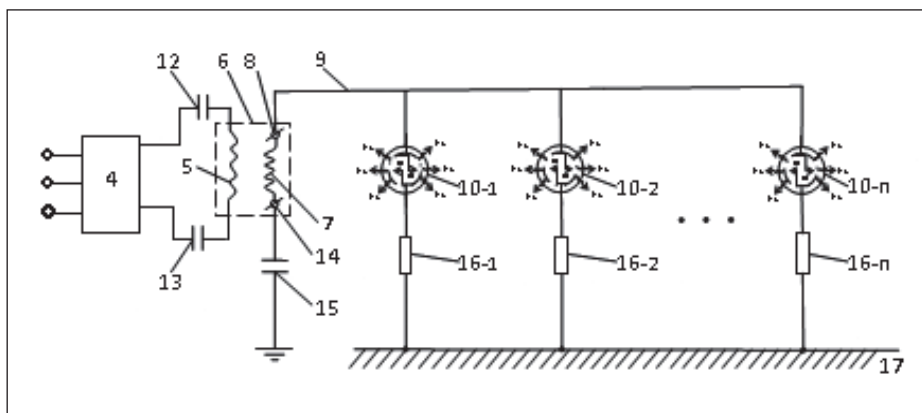


Рис. 4. Групповое подключение АКЛЛ к общему источнику питания. Балластным элементом является резистор, включённый между АКЛЛ и землёй

лампы общего назначения (ЛОН) любого спектрального состава, пригодные как для общего, так и для местного освещения.

К настоящему времени разработано несколько лабораторных образцов АКЛЛ с большим сроком службы, часть из которых описана в статье [2].

В качестве ЛОН можно использовать как плоские АКЛЛ, так и «стилизованные» под ЛЛ или традиционные ЛН (рис. 1), например. АКЛЛ могут использоваться и как лампы специального назначения – для светофоров, семафоров, для заднего освещения видеоэкранов большого размера и т.п.

В АКЛЛ пока использована триодная конструкция [2], которая имеет определённые преимущества, например, позволяя регулировать яркость. Можно использовать и более простую конструкцию – диодную, но, например, предложенный в патенте [3] вариант её (рис. 2) нуждается в более сложной, а следовательно, и дорогой технологии изготовления катода. Сложность – в разработке и освоении технологии, обеспечивающей автокатаодам высокую воспроизводимость характеристик и стабильность параметров во времени.

У отечественных АКЛЛ есть ряд стратегических преимуществ: все материалы, технология и разработки – российские, т.е. независимы от внешних поставок. Кроме того, в стране имеются все предпосылки (разработки, действующие производства) к организации массового производства таких ламп.

Далее, для питания АКЛЛ от промышленной электрической сети необходим переходной преобразователь, обеспечивающий высоковольтное маломощное энергообеспечение АКЛЛ. Одним из целесообразных представляется встроенный вариант этого устройства в каждой АКЛЛ, снабжённой тем или иным стандартным цоколем (например, E-27).

Во многих случаях возможно групповое питание АКЛЛ (рис. 3 и 4) [3]. При этом используется один генератор-преобразователь на группу АКЛЛ. Общее количество таких групп определяется конкретными потребностями, а электропроводка должна выполняться с учётом повышенных требований к электрической прочности изоляции и особых требований к фурнитуре для монтажа. При групповом питании АКЛЛ, по-

мимо указанного преобразователя, применяется и один резонансный повышающий трансформатор необходимой мощности. Габариты преобразователя и резонансного трансформатора, учитывая, что питание осуществляется на повышенной частоте по экранированной линии, оказываются эксплуатационно вполне пригодными. Например, при питании 100 ламп мощностью по 20 Вт мощности преобразователя и резонансного трансформатора должны составлять 2,0–2,5 кВт, и габариты такого преобразователя обычно укладываются в $200 \times 150 \times 70$ мм³.

На рис. 3 представлен вариант блок-схемы подключения АКЛЛ к солнечной батарее с помощью однопроводной линии питания через токоограничивающие электрические ёмкости, представляющие собой изолированные проводящие элементы конструкции корпуса светильника с АКЛЛ, а на рис. 4 – вариант блок-схемы питания АКЛЛ от трёхфазной сети по однопроводной линии через токоограничивающие резисторы².

При себестоимости менее 20 руб./шт., отпускной цене АКЛЛ в комплекте со схемой питания (ПРА) 80–120 руб./шт. и объёмах выпуска и сбыта этих ламп не менее 10 млн. шт. в год чистая годовая прибыль может составить не менее 500 млн. руб. Выход на внешние рынки делает проект на порядки более доходным.

² Обозначения на рис. 3 и 4: 1 – солнечная батарея; 2 – аккумулятор с контроллером заряда 3; 4 – преобразователь (генератор тока повышенной частоты); 5 – питающая низковольтная обмотка резонансного передающего трансформатора 6; 7 – повышающая (высоковольтная) резонансная обмотка; 8 – высоковольтный вывод повышающей обмотки; 9 – однопроводная линия передачи электроэнергии; 10-1, 10-2, 10-3, ..., 10-n – светильники; 11-1, 11-2, 11-3, ..., 11-n – естественные ёмкости (на землю), в виде элементов корпуса светильников; 12, 13 – конденсаторы в низковольтном резонансном контуре питания однопроводной линии; 14 – низкочастотный вывод повышающей резонансной обмотки; 15 – конденсатор в заземляющей цепи повышающей резонансной обмотки; 16-1, 16-2, 16-3, ..., 16-n – токоограничивающие резисторы в цепи питания АКЛЛ; 17 – земля.

Данная экономическая оценка произведена при следующих, мягких, допущениях: 1) функционируют четыре карусельные линии (обычно электроламповые заводы имеют не менее десятка линий); 2) двусменный режим работы; 3) коэффициент загрузки производства – около 50%; 4) среднее число смен в году (на одной линии) – 290.

Заключение

Ещё в 2000 г., в статье [4], отмечалось, что в связи с актуализацией проблемы энергосбережения начался всплеск интереса к катодолуминесцентным источникам света на основе катодов с автоэлектронной эмиссией, особенно из материалов нового класса – нанокластерных углеродных структур (в первую очередь, нанотрубок). Их очевидными достоинствами являются: ничтожный разброс по высоте; равномерный токосъём по поверхности; высокая плотность тока автоэмиссии; высокая механическая прочность; возможность в широких пределах варьировать геометрию катода; высокая стойкость к ионной бомбардировке; рекордно низкая работа выхода электронов из материала катода. В результате детального научного анализа авторы статьи [4] в качестве прогноза сформулировали важнейшие проблемы на пути освоения массового производства АКЛЛ, стимулирующие изобретения и оригинальные решения по их преодолению:

- Выбор материала автоэлектронного катода и его геометрии. Разработка и реализация технологии изготовления, технологии тренировки автоэлектронного катода.

- Выбор геометрии лампы в целом и её основных узлов, отвечающий задачам получения заданных светотехнических параметров при оптимальной нагрузке на люминофор.

- Создание оригинальных конструкций эффективных ПРА (схем питания), сопряжённых с соответствующими конструкциями собственно лампы.

С точки зрения сути этих проблем, первая из них узко специфична и под силу только научным коллективам с соответствующей научно-исследовательской направленностью и оснащённостью. Соответственно, к первой проблеме в данной статье отно-

сятся результаты НИОКР соавторов из «МФТИ ГУ». А второй и третьей проблем преимущественно касаются работы соавторов из «Всероссийского научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства», предложивших использовать для генерации необходимых рабочих потенциалов и передачи их к светильникам на базе АКЛЛ однопроводные резонансные технологии, использующие резонансные четвертьволновые трансформаторы Теслы.

Полученные результаты вселяют надежду на скорое появление на рынке первых АКЛЛ и световых приборов с ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров Н.В., Шешин Е.П. Автоэлектронная эмиссия. Принципы и приборы: Учебник-монография. – Долгопрудный: Интеллект, 2011. – 704 с.
2. Киреев В.Б., Чадаев Н.Н., Шешин Е.П. Новое поколение автокатодных люминесцентных ламп // Светотехника. – 2012. – № 1. – С. 24–28.
3. Стребков Д.С., Трубников В.З., Пастухов А.В., Шешин Е.П., Чадаев Н.Н. Система электрического освещения (варианты) / Патент России № 2505744. 2014. Бюл. № 3.
4. Гуляев Ю.В., Елесин В.Ф., Синицын Н.А., Суворов А.Л., Тимофеев Ю.П. Катодолуминесцентные источники света на основе автоэлектронной эмиссии: концепция практической реализации // Светотехника. – 2000. – № 1. – С. 10–14.



Стребков Дмитрий Семёнович, доктор техн. наук, профессор. Директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства ФАНО России». Академик РАСХН. Заслуженный деятель науки РФ. Основная область научных интересов: энергетика и электрификация, возобновляемые источники энергии



Трубников Владимир Захарович, инженер. Окончил в 1960 г. МЭИ по специальности «Полупроводники и диэлектрики». Научный сотрудник отдела электроснабжения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства ФАНО России». Область научных интересов: электродинамика и силовая электроника



Чадаев Николай Николаевич, кандидат физ.-мат. наук, доцент. Окончил в 1977 г. Рязанский радиотехнический институт. Старший научный сотрудник ФГБОУ ВПО «МФТИ ГУ». Область научных интересов: автоэлектронная эмиссия, углеродные материалы, вакуумная техника, электронные приборы



Шешин Евгений Павлович, доктор техн. наук, профессор. Окончил в 1972 г. МФТИ. Зам. заведующего кафедрой «Вакуумная электроника» ФГБОУ ВПО «МФТИ ГУ». Область научных интересов: автоэлектронная эмиссия, углеродные материалы, вакуумная техника, электронные приборы