

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ РАЗРЯДА ПРИ ДВИЖЕНИИ КОЛБЫ С РАЗРЯЖЕННЫМ ГАЗОМ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОМ ПОЛЕ

© 2011 С.И. Харитонов, Н.Л. Казанский

Учреждение Российской академии наук Институт систем обработки изображений РАН, г. Самара  
Самарский государственный аэрокосмический университет

Статья поступила в редакцию 09.02.2011

Экспериментально обнаружено явление ионизации и свечения разряженного газа, находящегося внутри замкнутого сосуда, при движении сосуда в электростатическом поле.

Ключевые слова: газовый разряд, электростатическое поле, высокочастотное электромагнитное поле, низкочастотный разряд.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время известно несколько типов газовых разрядов [1-2]. Все газовые разряды делятся на самостоятельные и несамостоятельные.

Несамостоятельными называются газовые разряды, возникающие при наличии внешнего источника ионизации. Свободные носители заряда возникают при ионизации молекул и атомов газа. После прекращения ионизации заряды рекомбинируют. В результате проводимость газа пропадает или возвращается к своему первоначальному значению.

В свою очередь, самостоятельные разряды делятся на:

- дуговой разряд;
- искровой разряд;
- тлеющий разряд;
- коронный разряд.

В случае самостоятельного разряда свободные заряды возникают при столкновении электронов или ионов с нейтральными молекулами газа или молекулами электродов.

Математическое моделирование процессов в низкотемпературной плазме, образующейся в результате электрического разряда, изложено в работе [3]. В этой работе приведен также наиболее полный список работ, посвященных разрядам в газах. Ряд экспериментов с некоторыми видами низкотемпературной плазмы приведен в работах [4-7].

В предлагаемой работе на базе, описанной в [8], экспериментально обнаружены новые условия ионизации в разряженном газе. В результате ионизации создается низкотемпературная плазма, которая начинает излучать фотоны.

---

*Харитонов Сергей Иванович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории дифракционной оптики. E-mail: prognos@smr.ru*  
*Казанский Николай Львович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией дифракционной оптики. E-mail: kazansky@smr.ru*

### 1. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ИОНИЗАЦИИ

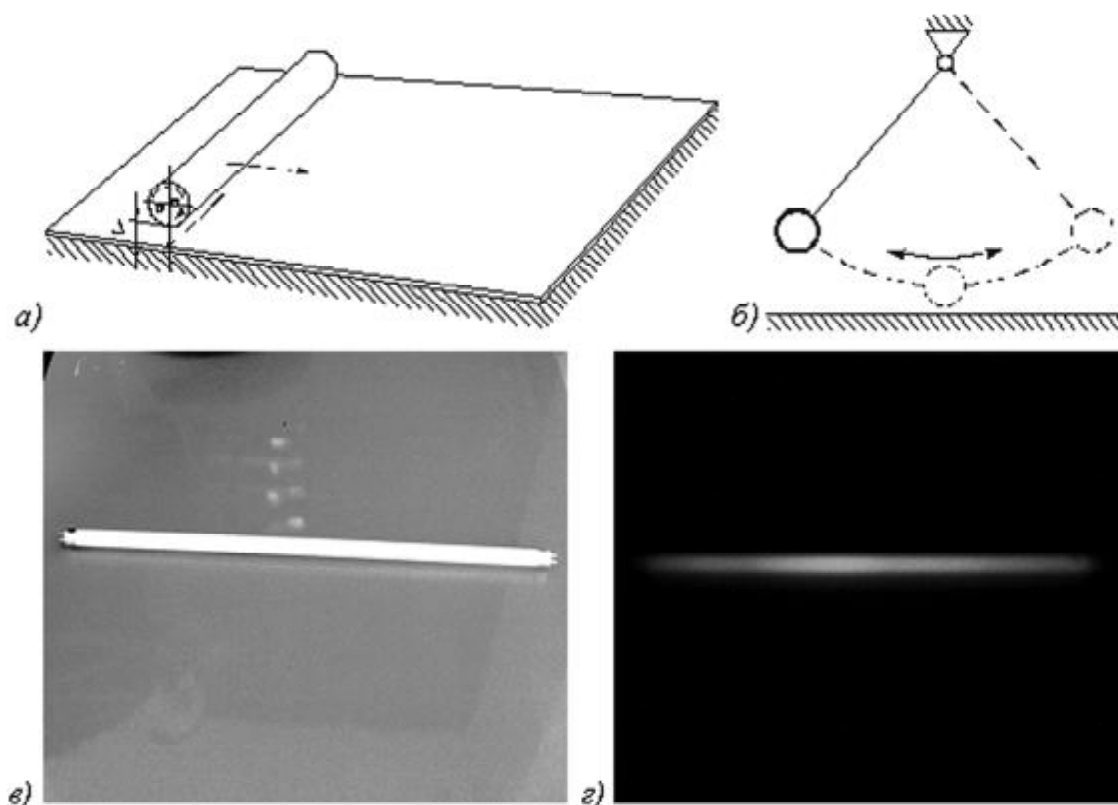
#### 1.1. Эксперимент 1

*Принципиальная схема эксперимента изображена на рис. 1. Трубка с разряженным газом (лампа дневного света) (1) движется в электростатическом поле (см. рис. 1а), созданным с помощью наэлектризованного тонкого листа, изготовленного из полиметилметакрилата (органическое стекло). В темноте при движении трубки возникает свечение разряженного газа, находящегося внутри трубки. Интенсивность свечения зависит от скорости движения трубки.*

В одном случае трубка может непосредственно катиться по листу органического стекла (рис. 1а). В другом случае трубка подвешивается над листом на нитях (рис. 1б). При этом между листом и разрядной трубкой имеется зазор. Минимальный зазор в положении равновесия составляет несколько миллиметров. Если отклонить трубку из положения равновесия, она начинает совершать свободные колебания. При этом газ, заключенный внутри этой трубки начинает излучать фотоны (светиться). Визуально интенсивность свечения возрастает при увеличении степени электризации или скорости поперечного движения трубки или уменьшении расстояния между трубкой и листом органического стекла. Фотография эксперимента приведена на рис. 1в, регистрация свечения – на рис. 1г.

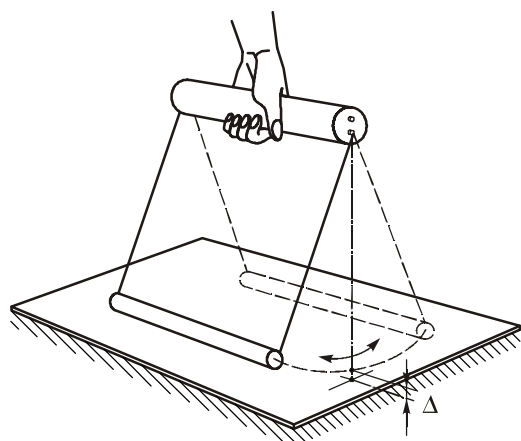
#### 1.2. Эксперимент 2

Принципиальная схема второго эксперимента изображена на рис. 2. Металлическая трубка подвешена на проводниках над листом наэлектризованного органического стекла. Свободные концы проводников замыкаются на газоразряд-



**Рис. 1.** Схема эксперимента 1 (а), модификация схемы эксперимента 1 (б), фотография эксперимента при обычном освещении (в), фотография светящейся трубки при движении вдоль наэлектризованного листа полиметилметакрилата (г)

ную трубку (лампу дневного света). Если отклонить металлическую трубку из положения равновесия, трубка начинает совершать колебательные движения. Экспериментатор берет газоразрядную трубку в руки (дотрагивается рукой). В этом случае газоразрядная трубка начинает излучать свет. Интенсивность излучения зависит от скорости движения металлической трубки над листом органического стекла, которая в свою очередь зависит от начального угла отклонения трубки от положения равновесия. Интенсивность зависит также от минимального расстоя-

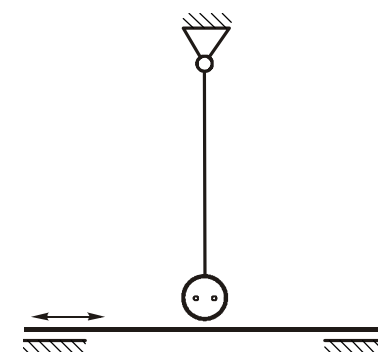


**Рис. 2.** Схема эксперимента 2

ния между металлической трубкой и листом органического стекла. Если экспериментатор убирает руку, или металлическая трубка останавливается, то свечение в трубке прекращается.

### 1.3. Эксперимент 3

Газоразрядная трубка лежит неподвижно (рис. 3). Экспериментатор берет в руки наэлектризованный предмет и начинает им двигать около газоразрядной трубки. Экспериментатор не дотрагивается до трубки. Трубка начинает излучать фотоны. Излучение фотонов тоже прекращается, если прекращается движение наэлектризованного предмета.



**Рис. 3.** Схема эксперимента 3.

Фотографии светящейся при движении трубки в экспериментах 2, 3 аналогичны рис. 1з и поэтому не приводятся.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обнаруженный эффект излучения фотонов при движении газоразрядной трубки в электростатическом поле как и эффект излучения фотонов молекулами газа внутри неподвижной разрядной трубки при движении металлической трубки, соединенной проводниками с газоразрядной трубкой, не поддается объяснению с помощью известных теорий электрических разрядов в разряженном газе. Разряд в газе при наличии переменного электрического поля возникает, когда частота равна нескольким мегагерцам. В нашем эксперименте частота составляет лишь доли герца.

По-видимому, эффект связан с неоднородным в пространстве и изменяющимся по времени электрическим полем. Конечно, результаты работы не могут быть сразу использованы при создании светотехнических устройств [8-11], но важны при исследовании электронных компонент современной техники на электромагнитную совместимость [12-14].

Следующим этапом работы будет установление количественных характеристик явлений, наблюдаемых в эксперименте. Для создания электростатического поля вместо наэлектризованного органического стекла будет использован высоковольтный генератор с напряжением 30-40 киловольт. Лампа дневного света будет заменена на сосуд с разряженным газом. В качестве наполнителя предполагается использовать He, Ne, N, O.

Интенсивность излучения будет измеряться с помощью фотометра.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Велихов Е.П., Ковалев А.С., Рахимов А.Т.* Физические явления в газоразрядной плазме. М.: Наука, глав. ред.

физ.-мат. лит., 1987. 160 с.  
 2. *Сивухин Д.В.* Общий курс физики. Учебное пособие для вузов в 5 томах. Том 3 «Электричество». 4-е изд. стереотип. М.: Физматлит, Изд-во МФТИ, 2004. 656 с.  
 3. Математическое моделирование катодных процессов / А.М. Зимин, И.П. Назаренко, И.Г. Паневин, В.И. Хвесьюк. Новосибирск: ВО «Наука»; Сибирская издательская фирма, 1993. 194 с. (Низкотемпературная плазма. Том 11).  
 4. *Казанский Н.Л., Колпаков В.А.* Исследование механизмов формирования низкотемпературной плазмы газовым разрядом высоковольтного типа // Компьютерная оптика. 2003. № 25. С. 112-116.  
 5. *Kazanskiy N.L., Kolpakov V.A.* Studies into mechanisms of generating a low-temperature plasma in high-voltage gas discharge // Optical Memory & Neural Networks (Information Optics). 2006. Vol. 15, N 4. P.163-169.  
 6. Метод определения температуры поверхности в области ее взаимодействия с потоком низкотемпературной плазмы / Н.Л. Казанский, В.А. Колпаков, А.И. Колпаков, В.Д. Паранин // Журнал технической физики. 2007. Том 77, вып. 12. С. 21-25.  
 7. *Казанский Н.Л., Колпаков В.А.* Формирование оптического микрорельефа во вне-электродройной плазме газового разряда. М.: Радио и связь, 2009. 220 с.  
 8. *Казанский Н.Л.* Исследовательский комплекс для решения задач компьютерной оптики // Компьютерная оптика. 2006. № 29. С. 58-77.  
 9. *Казанский Н.Л., Соифер В.А., Харитонов С.И.* Математическое моделирование светотехнических устройств с ДОО // Компьютерная оптика. 1995. Вып. 14-15, ч. 2. С. 107-116.  
 10. *Досколович Л.Л., Казанский Н.Л., Харитонов С.И.* Проектирование светотехнических устройств с ДОО // Компьютерная оптика. 1998. № 18. С. 91-96.  
 11. *Kazanskiy N.L.* DOE-based Lighting Devices // In the book "Methods for Computer Design of Diffractive Optical Elements" edited by Victor A. Soifer. – A Wiley Interscience Publication. John Wiley & Sons, Inc. 2002. P. 651-671.  
 12. *Казанский Н.Л., Рахаева Е.А.* Расчет частотной характеристики ТЕМ-камеры // Компьютерная оптика. 2007. Том 31, № 3. С. 52-54.  
 13. *Казанский Н.Л., Рахаева Е.А.* Метод расчета резонансных частот ТЕМ-камеры // Компьютерная оптика. 2007. Том 31, № 3. С. 55-58.  
 14. *Казанский Н.Л., Рахаева Е.А.* Расчет характеристик пирамидального перехода ТЕМ-камеры // Известия Самарского научного центра РАН. 2007. Том 9, № 2. С. 598-605.

### EXPERIMENTAL OBSERVATION OF THE DISCHARGE MOTION FLASKS DISCHARGED GAS IN THE ELECTROSTATIC FIELD

© 2011 S.I. Kharitonov, N.L. Kazanskiy

Image Processing Systems Institute of the RAS, Samara  
 Samara State Aerospace University

Experimentally discovered the effect of ionization and glow discharged gas that is inside a closed vessel, the vessel when moving in an electrostatic field.

Keywords: gas discharge, electrostatic field, high-frequency electromagnetic field, low-frequency discharge

*Kazanskiy Nikolay Lvovich, Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head of Laboratory of Diffractive Optics. E-mail: kazanskiy@smr.ru*

*Sergey Kharitonov, Candidate of Physics and Mathematics, Senior Researcher of Laboratory of Diffractive Optics. E-mail: prognoz@smr.ru*