

## РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ БЫСТРЫХ ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ ВЫСОКОВОЛЬТНОМ НАНОСЕКУНДНОМ ПРОБОЕ ВОЗДУХА ПОВЫШЕННОГО ДАВЛЕНИЯ

Э.Д. КУРБАНОВ

*Институт Физики им. академика Г.М.Абдуллаева*

*НАН Азербайджана*

*AZ- 1143, Баку, пр. Г.Джавида 33*

Məqalə yüksək təzyiqlərdə atmosfer mühitində nanosaniyə impuls qaz boşalmasında katod və anod oblastında rentgen şüalanmasının miqdarına potensial elektrodun dielektrik başlığının təsirinin müəyyənləşdirilməsinə həsr olunmuşdur. Müəyyən edilmişdir ki, atmosfer təzyiqində əyrilik radiusu kiçik olan katod oblastında rentgen şüalanmasının qeydiyyatına katod üzərində olan farfor başlıq və sahənin qeyri-bircinsliliyi təsir göstərir. Müəyyən edilmişdir ki, təzyiqin yüksəlməsi böyük əyrilikli radiusuna malik olan katod oblastında, hətta başlıq olmayan halda da, şüalanmanın yüksəlməsinə səbəb olur.

Настоящая статья посвящена выявлению роли диэлектрических насадок на потенциальном электроде на дозу рентгеновского излучения у катода и анода при формировании наносекундного импульсного разряда в воздухе повышенного давления. Показано, что при атмосферном давлении воздуха неоднородность поля и наличие фарфоровой насадки на электроде с малым радиусом кривизны влияет на регистрацию и область рентгеновского излучения. Выявлено, что повышение давления воздуха в газовом промежутке приводит к рентгеновскому излучению у катода с большим радиусом кривизны (при отсутствии насадки из оргстекла).

Present article by detection of the role of dielectric caps at the potential electrode on x-radiation dose near cathode and anode during formation of nanosecond pulsed discharge in high pressure air is dedicated. It is shown, that heterogeneity of electrical field and the presence of porcelain cap at the rod with small radius of curvature influents on registration and x-radiation area in atmospheric air. The pressure rise in gas gap reduces to X-radiation near cathode with big radius of curvature in the absence of acrylic resin cap on it.

Рентгеновское излучение при формировании разрядов наносекундной длительности в неоднородном поле исследовались во многих работах [1,2]. Данный вопрос имеет фундаментальное значение, поскольку рентгеновское излучение, формируемое при торможении “убегающих электронов” в разрядных промежутках, влияет на пробивное напряжение и форму разряда. В работах [3,4] сообщалось о регистрации рентгеновского излучения и пучка “убегающих электронов” в воздухе атмосферного давления при микросекундных импульсах высокого напряжения. В работах, подытоженных в обзоре [2], сообщалось о формировании мощных субнаносекундных электронных пучков при достижении критического поля между плазмой и анодом. За счет торможения высокоэнергетичных электронов на аноде формировалось жесткое рентгеновское излучение.

Цель данной работы – исследование условий формирования рентгеновского излучения из объемного наносекундного разряда при наличии на потенциальном электроде – катоде диэлектрических насадок при повышенных давлениях воздуха.

Экспериментальные исследования были проведены с использованием генератора наносекундных импульсов, собранного по схеме Аркадьева-Маркса. На выходе генератора формируются импульсы амплитудой 80 кВ и длительностью фронта 8 нс. На потенциальный электрод – катод подавались импульсы отрицательной полярности. При проведении экспериментов использовалась система электродов “стержень - плоскость” при различных радиусах кривизны стержня –  $r = 1-4$  мм. Анодом служила медная пластина толщиной 1 мм. Расстояние между электродами -  $d = 13$  мм. Давление воздуха -  $p$  в газовом промежутке варьировалось;  $p = 1-3$  атм. На стержень с  $r = 1$  мм надевалась фарфоровая трубка

– насадка, положение которой варьировалось относительно конца стержня в пределах 1-5 мм.

В ряде экспериментов на трубку надевалась насадка из фторопласта прямоугольной формы, положение которой также варьировалось относительно отверстия фарфоровой трубки в пределах 1-5 мм. На стержень с  $r = 4$  мм надевалась насадка из оргстекла прямоугольной формы, положение которой изменялось относительно конца стержня в пределах 1-5 мм.

При каждой конфигурации потенциального электрода с разными диэлектрическими насадками возбуждался наносекундный разряд в газовом промежутке и регистрировалось рентгеновское излучение с помощью дозиметра ДП5В, расположенного сбоку от разрядной зоны на расстоянии 1 см. Напротив его устанавливалась кассета с рентгеновской пленкой CP-BU, New, которая являлась синечувствительной рентгеновской пленкой высокой контрастности. Автографы рентгеновского излучения были получены при непрерывном следовании импульсов с расчетной частотой 200 кГц.

Регистрация рентгеновского излучения на фотопленках показала, что только при подаче импульсов напряжения отрицательной полярности на потенциальный электрод интенсивность и энергия квантов рентгеновского излучения достаточна для засветки пленки, помещенной в черную бумагу (рис.1). На проявленной пленке также указаны размеры зоны рентгеновского излучения у катода и анода.

Из рис.1 видно, что при использовании стержня с  $r = 1$  мм при наличии на нем диэлектрической насадки и без нее при атмосферном давлении рентгеновское излучение регистрируется у катода и анода (рис.2. в, г). В случае стержня с  $r = 4$  мм при наличии на нем насадки из оргстекла, выдвинутой относительно конца стержня на 5 мм, излучение при атмосферных условиях

регистрируется только у анода (рис.2, а). Увеличение давления воздуха –  $p$  в газовом промежутке до 3 атм даже при отсутствии на катоде диэлектрической насадки

способствует рентгеновскому излучению у катода и анода при возбуждении наносекундного разряда.

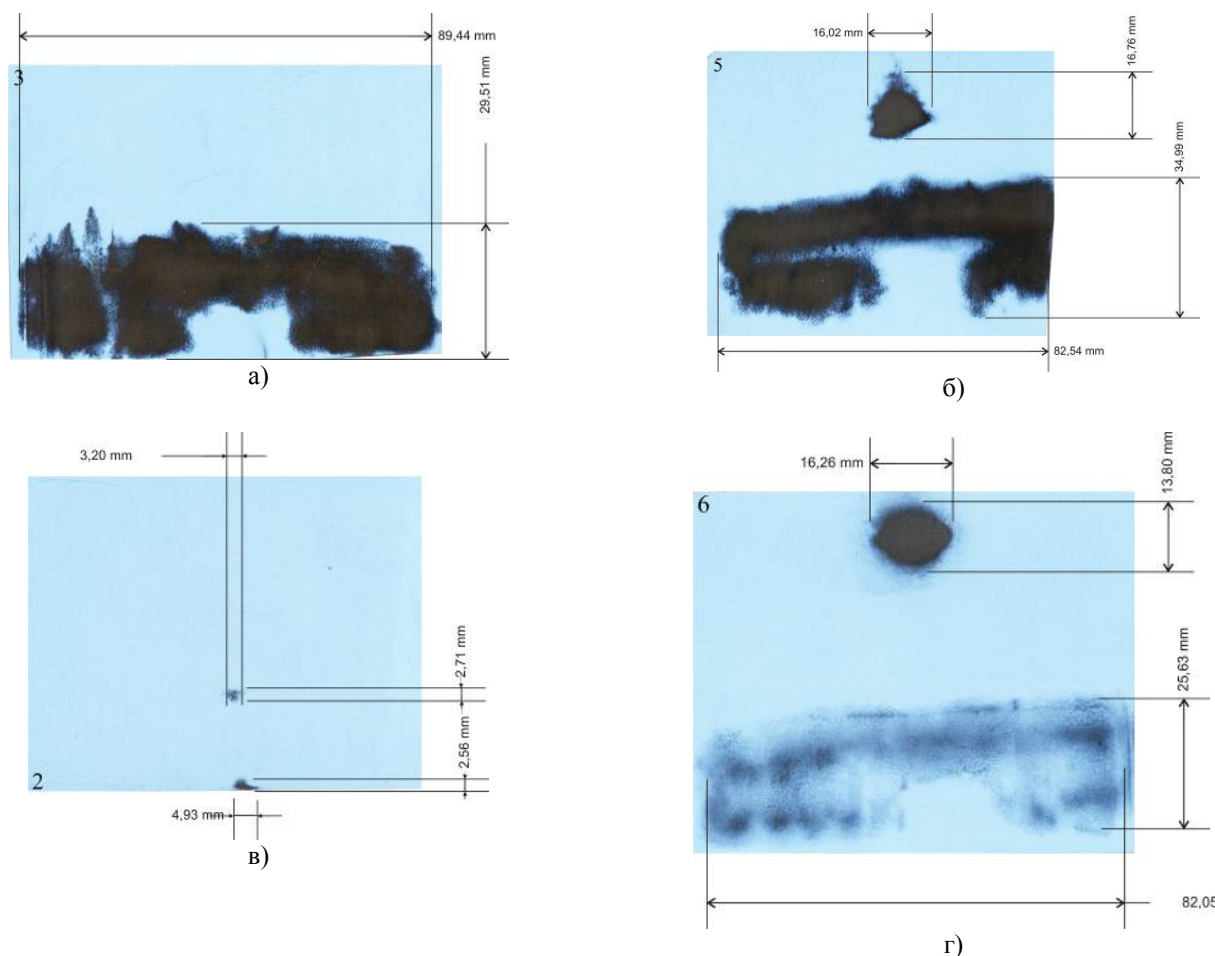


Рис.1 Автографы рентгеновского излучения на фотопленке, помещенной на расстоянии 1см сбоку от разрядного промежутка при разных давлениях воздуха, для электродов – катодов с различными  $r$ , при наличии и отсутствии на них диэлектрических насадок,  $d=13$ мм (межэлектродное расстояние).

- а- стержень ( $r=4$ мм),  $p=1$ атм, насадка из оргстекла выдвинута на 5мм относительно конца стержня;
- б- стержень ( $r=4$ мм),  $p=3$ атм, без диэлектрических насадок;
- в- стержень ( $r=1$ мм),  $p=1$ атм, без диэлектрических насадок;
- г- стержень ( $r=1$ мм),  $p=1$ атм, фарфоровая насадка выдвинута на 5мм от конца стержня.

Из анализа полученных автографов рентгеновского излучения следует, что в случае стержня с  $r=1$ мм (с насадкой и без нее) при атмосферном давлении воздуха в газовом промежутке критическая напряженность поля достигается у катода и анода. При подаче на стержень импульса с крутым фронтом напряженность поля вблизи катода резко усиливается из-за наличия положительного объемного заряда, что приводит к взрывным процессам с микронеоднородностей катода. Это, в свою очередь, приводят к образованию так называемых “убегających электронов”, вызывающих при своем торможении рентгеновское излучение у катода.

Вблизи анода напряженность поля также достигает своего критического значения, что приводит к формированию сверхкороткого электронного пучка, который бомбардируя анод, вызывает также жесткое рентгеновское излучение. При наличии на стержне

( $r=1$ мм) фарфоровой трубки, выдвинутой относительно его конца на 5мм, зона излучения у катода и анода намного расширяется ( у катода до 16мм, у анода до 82мм). Скорее всего это связано с искажением поля у катода в связи с накоплением положительных ионов на поверхности фарфоровой трубки и соответственно с расширением зоны ионизации, которая приводит к образованию большого количества лавин с концентрацией высокоэнергетичных электронов на фронте, бомбардирующих анод с полной кинетической энергией.

Отсутствие излучения у стержня с  $r=4$ мм по сравнению с  $r=1$ мм при одинаковых условиях даже при наличии на нем насадки из оргстекла можно объяснить слабой неоднородностью поля у катода. При повышении давления воздуха до 3 атм. у катода с  $r=4$ мм (даже при отсутствии на нем насадки из оргстекла) и у анода

регистрируется рентгеновское излучение. Это можно объяснить увеличением напряженности поля у потенциального электрода при повышенных давлениях.

Таким образом, варьируя давление, размеры электрода и положение насадок относительно конца стержня можно получить различную дозу рентгеновского излучения у катода и анода.

- 
- [1]. *Ю.Д.Королев, Г.А.Месяц* Физика импульсного пробоя газов. М. Наука, 1991.
- [2]. *В.Ф.Тарасенко, С.И. Яковленко* // УФН, т.174, № 9, 2004, с. 953-971.
- [3]. *В.С.Босамыкин, В.И.Карелин, А.И Павловский., П.Б.Репин* //ЖТФ, т.6, в. 14, 1980, с. 885-888.
- [4]. *Т.В.Лойко* // ЖТФ, т.50, в. 2, 1980, с. 392-393.