

# ON MECHANISM OF CENTRAL ELECTRODE SURFACE EVAPORATION IN PLASMA FOCUS

Yu.T.Sinyapkin

Russian Federal Nuclear Center – VNIIEF  
Sarov, Russia, e-mail: mailbox@ntc.vniief.ru

Until now sources of penetrating radiations with plasma focus (PF) on axis of gas-discharge chamber draw attention of Russian and foreign researches. There are two reasons for this. On the one hand they are rather simple and unexcelled on intensity sources of  $R - \gamma - n$  - radiations. On the other hand, there is an issue of generation mechanism of these radiations.

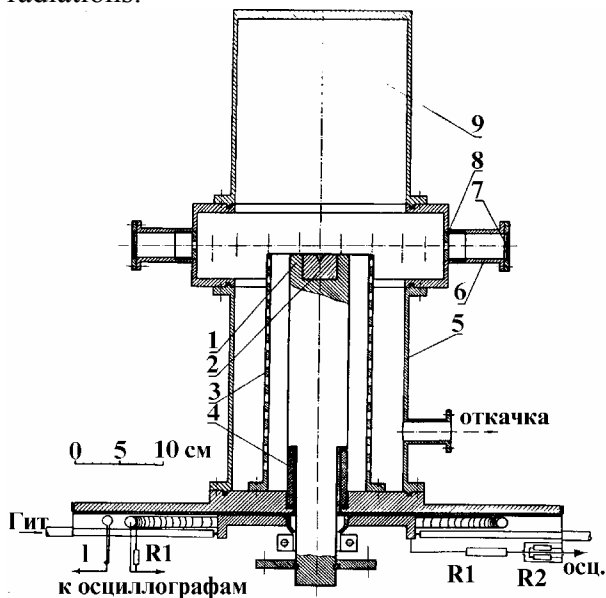


Fig.1 Schematic diagram of the discharge chamber with a plasma focus.

Available data of experimental and theoretical studies do not give adequate conclusions and demand new questions, rather than answers old ones. Up to now there is no single answer on the issue of central electrode surface evaporation.

Work [2] presents theoretical estimations of plasma shell radiations effect on the surface. Conclusion was made that at currents of  $I \sim 10^7$  A it can not evaporate significant quantities of metal.

Paper [3] draws attention to MHD mechanism of evaporation, effect of Joule heating of the surface at current spreading on it in the contact point of plasma shell with the electrode ion particular. And here there is also no answer on the issue: where from energy for evaporation of such quantity of metal takes.



Fig.2 Section through the insert diameter of the central electrode.

More than 30 years ago we also studied this issue. In these investigations, taking into account possibility of shells radiation effect and Joule current heating, gave preference to electron beam, formed on border of plasma shell and central electrode in the area of anode potential decrease. This conclusion was made based on system analysis of spectral composition of x-ray radiation pulses. In detail methods and results are published in paper [1]. We paid attention to tight constituent of single x-ray pulse, which appeared in the form of peculiarity with sudden increase of intensity in the area of maximum. It turned out that absorption curve for this part of the pulse corresponds to characteristic line  $E=69$  keV of Tungsten. To excite this line electrons should pass such sharp potential difference. Capacitive storage was charged up to  $E_{power}=25$  kV. A number of questions arose: when, where and why such potential difference appears?

To answer these questions we performed:

1. Detailed spectral analysis in different time moments within the limits of one x-ray pulse.
2. Analysis of erosion cavity shape in central electrode.

This allowed us to make the following conclusions:

1. Electric circuit of PF is transformed into inductive storage. In this case energy of capacitive storage passes to inductive elements of the discharge circuit, including plasma shell.
2. Flux of fast electrons, transferring significant amount of electron current and exciting bremsstrahlung and characteristic radiation, is formed at storage circuit breakdown by electrodes vapors in metal-plasma border.

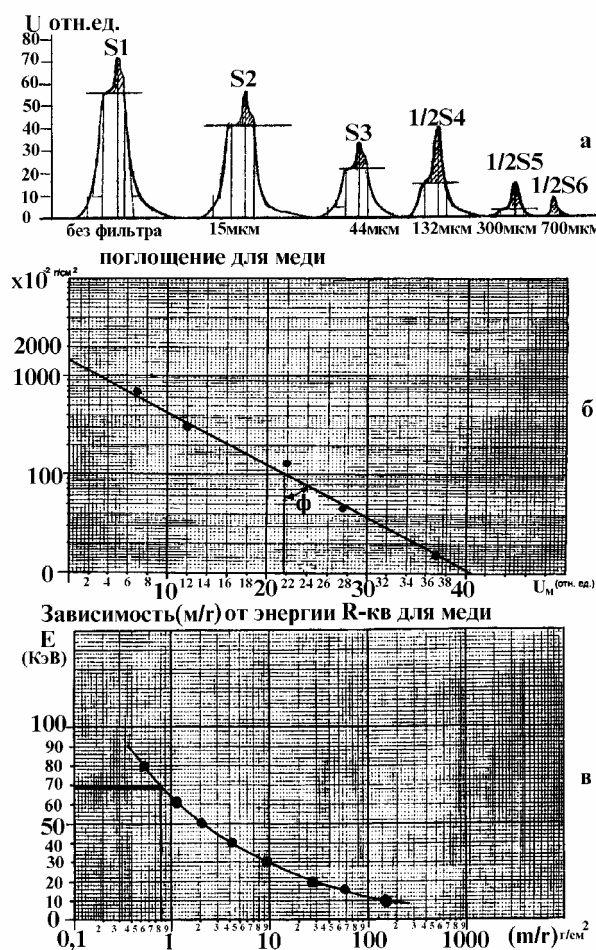


Fig.3 a) electrical signal oscillograms.  
 b)  $\mu(X)$  of copper.  
 c) the energy dependence of the  $\mu(\rho)$  of the copper.

High-temperature dusty plasma is formed from the electrode material.

Formation mechanism of this plasma could be used for obtaining of nanostructures from different conducting materials, including carbon for fullerenes, fullerides, nanodiamonds, etc. synthesis.

References:

1. A.I.Pavlovsky et al., PTE, <sup>1</sup> 3, 1976, pages 222-224.
2. A.V.Gerusov et al., "Plasma Physics", 1982, v.8, iss.3, pages 487-501.
3. S.L.Ginzburg et al., Preprint IMP <sup>1</sup> 88, 1978.

## К вопросу о механизме испарения поверхности центрального электрода в плазменном фокусе

Синяпкин Ю.Т.

Российский Федеральный Ядерный Центр - Всероссийский Научно - исследовательский институт экспериментальной физики (РФЯЦ-ВНИИЭФ)  
г. САРОВ, РОССИЯ, E-mail: mailbox@ntc.vniief.ru

Источники проникающих излучений с плазменным фокусом (пф) на оси газоразрядной камеры до сих пор привлекают внимание отечественных и зарубежных исследователей, в основном по двум причинам.

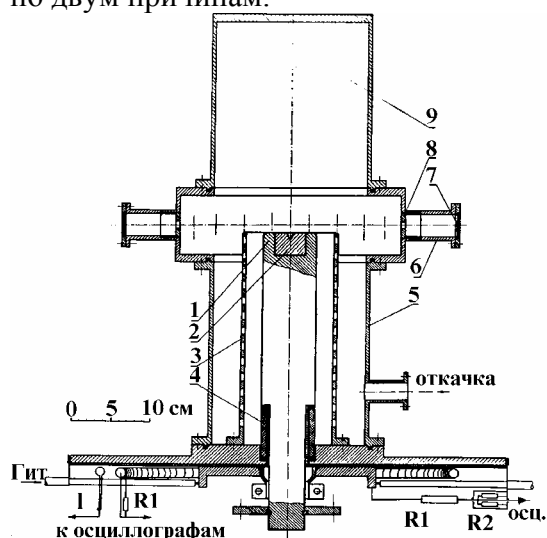


Рис.1 Эскиз разрядной камеры плазменного фокуса.

С одной стороны они являются достаточно простыми и не превзойдёнными по интенсивности источниками

R-γ -п - излучений. С другой, не оставляет в покое вопрос о механизме генерации этих излучений.

Имеющийся в настоящее время материал результатов экспериментальных и теоретических исследований не даёт оснований для адекватных выводов и скорее задаёт новые вопросы, чем отвечает на старые.

Так, до сих пор нет однозначного ответа на вопрос о механизме испарения поверхности центрального электрода.



Рис.2 Разрез вставки центрального электрода ПФ.

В работе [2] проведены теоретические оценки воздействия на поверхность излучений из плазменной оболочки. Сделан однозначный вывод, что при токах  $I \leq 10^7$  А. оно не способно испарять значительные количества металла.

В работе [3] уделено внимание на МГД механизм испарения, в частности, влияние Джоулева нагрева поверхности при растекании по ней тока в месте контакта плазменной оболочки с электродом, и тоже не отвечает на вопрос откуда берётся энергия на испарение такого количества металла.

Более 30 лет назад нами также проводились исследования этого вопроса. В этих исследованиях мы, не исключая возможности воздействия излучений оболочки и Джоулева нагрева тока, отдали предпочтение электронному пучку, формирующемуся на границе плазменной оболочки с центральным электродом, в области анодного падения потенциала. К такому выводу мы пришли в результате системного анализа спектрального состава импульсов рентгеновского излучения. Подробно методика и результаты опубликованы в работе [1]. Мы обратили внимание на жесткую составляющую (см. Рис.№3) одиночного рентгеновского импульса, проявившую себя в виде особенности с

резким нарастанием интенсивности в области максимума. Оказалось, что кривая поглощения для этой части импульса соответствует характеристической линии  $E=69\text{кэВ}$  вольфрама. Но чтобы возбудить эту линию необходимо чтобы электроны проходили такую разность потенциалов. Емкостной накопитель заряжался до  $E_{\text{пит.}}=25\text{кВ}$ . Сами собой возникли вопросы: когда, в каком месте, и по какой причине возникает такая разность потенциалов?

Для ответа на эти вопросы нами были проведены:

1. Подробный спектральный анализ в различные моменты времени в пределах одного рентгеновского импульса.

2. Анализ формы эрозионной выемки в центральном электроде.

Это позволило нам сделать следующие выводы:

1. Электрическая цепь ПФ трансформируется в индуктивный накопитель. При этом энергия емкостного накопителя перетекает в индуктивные элементы цепи разряда, включая и плазменную оболочку.

2. При разрыве цепи накопителя парами электрода, на границе металл - плазма формируется поток быстрых электронов, переносящих значительную долю электронного тока, возбуждающего тормозное и характеристическое излучения, а также приводящего к взрывному испарению поверхности центрального электрода.

Из материала электрода формируется высокотемпературная пылевидная плазма

Механизм формирования такой плазмы может быть использован для получения наноструктур из различных проводящих материалов, в том числе и из углерода для синтеза фуллеренов, фуллеридов, наноалмазов и др.

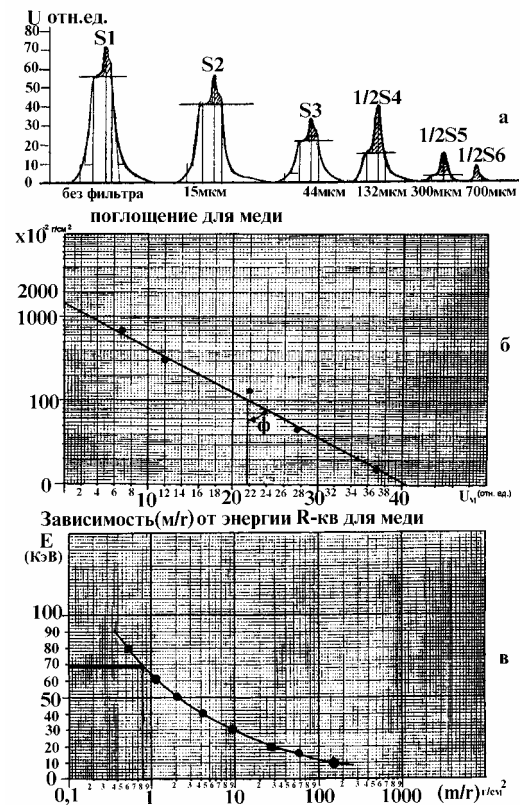


Рис. 3

а- осциллограммы электрических сигналов ППД при  $x=\text{var}$ .

б- зависимость  $\mu(X)$  для меди.

в- зависимость  $\mu/r$  от энергии  $\gamma$ -кв для медного электрода.

#### Литература:

1. А.И.Павловский и др., ПТЭ, №3, 1976г., стр. 222 - 224.
2. А.В.Герусов и др., "Физика плазмы", 1982г., т8, вып.3, стр.487 - 501.
3. С.Л.Гинзбург и др. Препринт ИПМ №88, 1978г.