



*Институт электрофизики и электроэнергетики Российской Академии наук (ИЭЭ РАН)*  
191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб. тел.: 7(812) 315 1757, факс: 7(812) 571 5056, email: rc@iperas.nw.ru

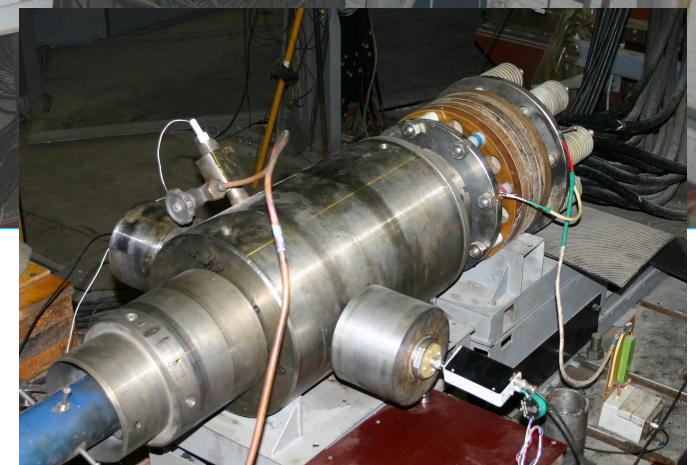
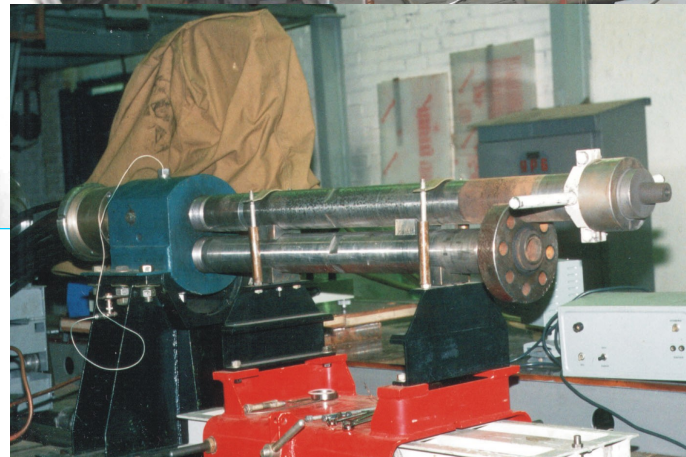
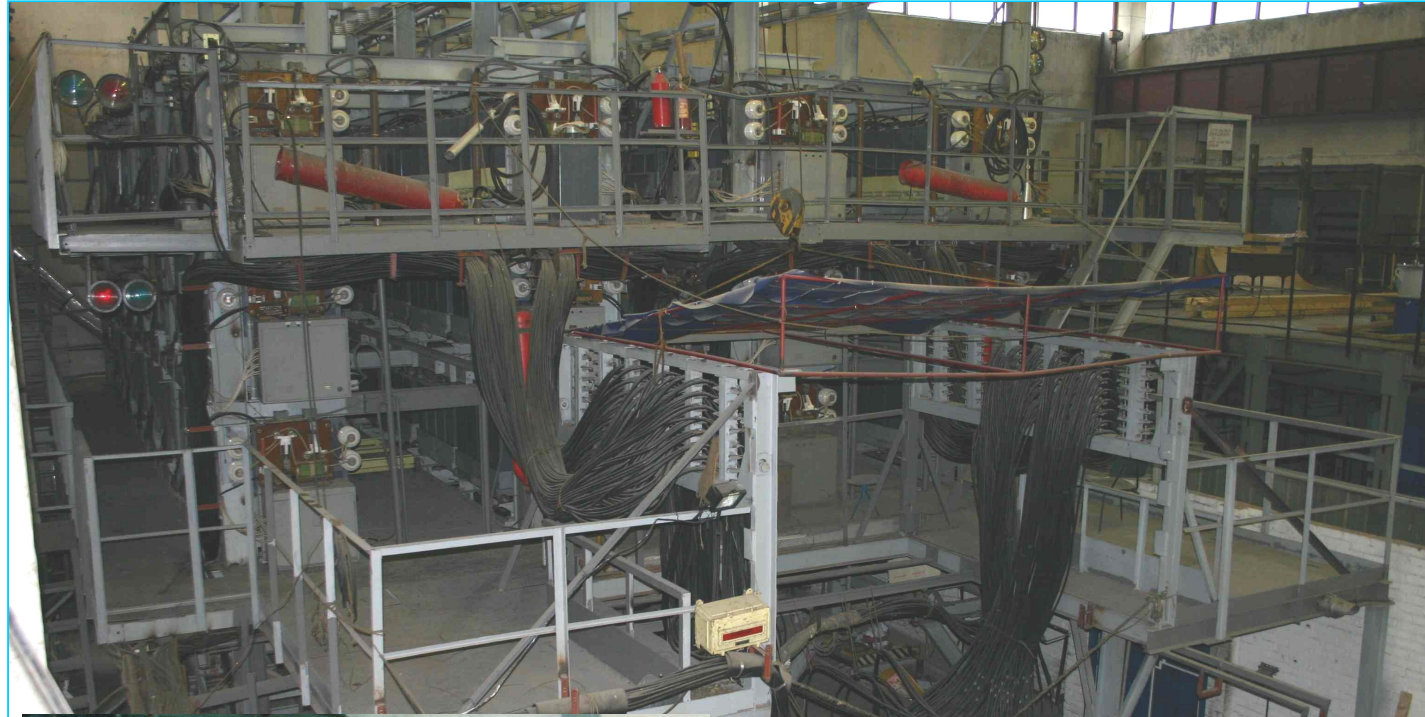
# *Сжатие канала разряда в газе высокой плотности*

*Ф. Г. Рутберг, А. А. Богомаз, М. Э. Пинчук,  
А. В. Будин, С. Ю. Лосев, А. Г. Лекс, А. А. Позубенков*

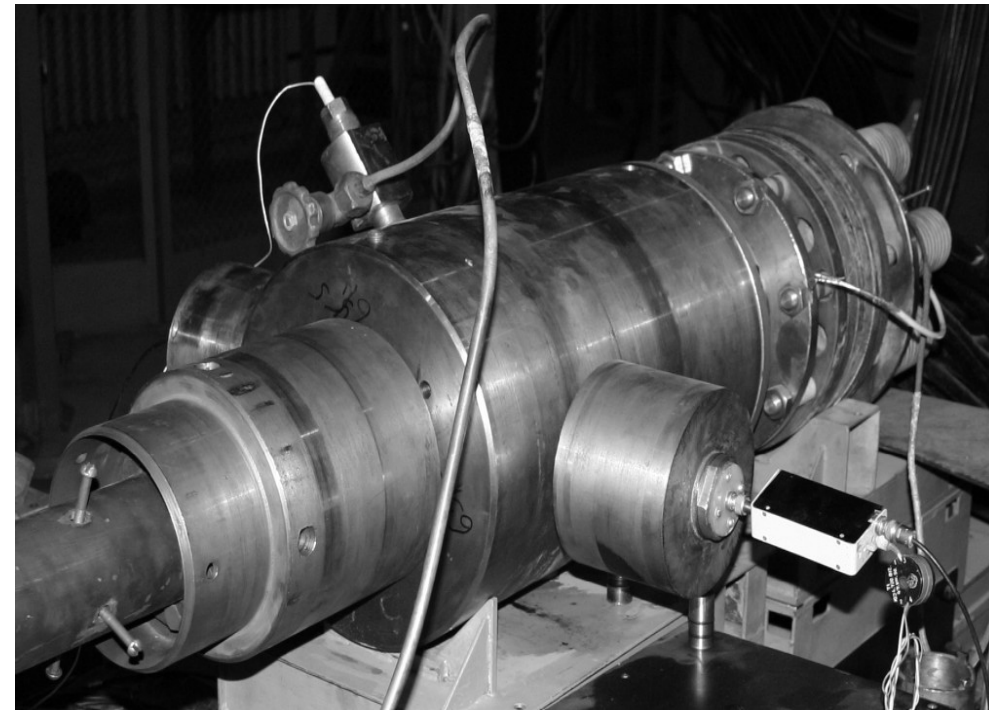
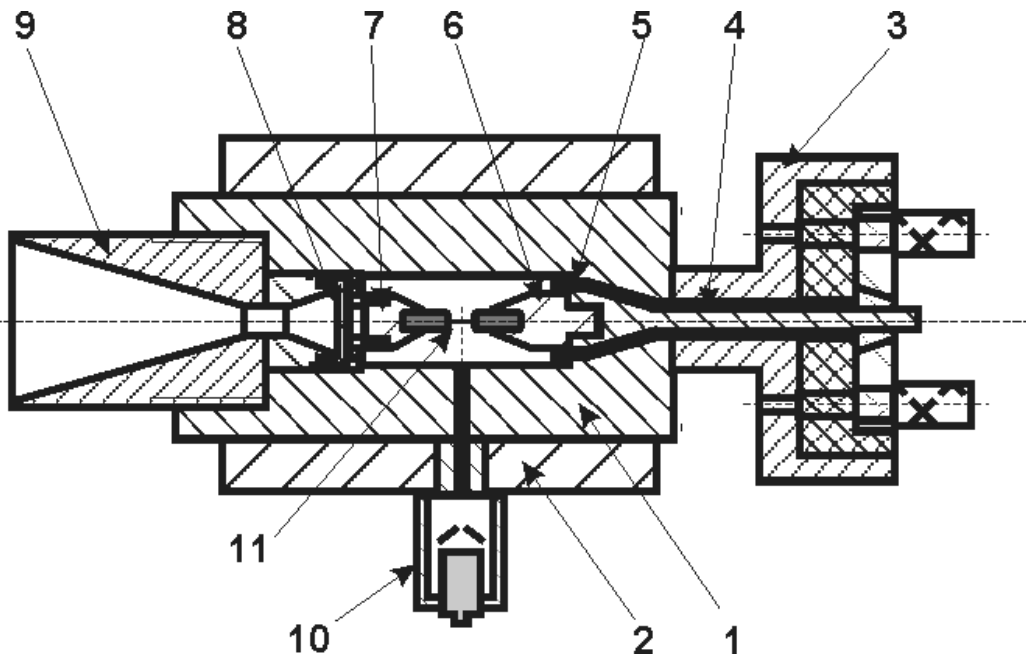
*ИЭЭ РАН, Санкт-Петербург*

# Параметры экспериментов

- начальная концентрация водорода  
 $n \sim 10^{20} - 10^{22} \text{ см}^{-3}$
- $J_{\text{max}} - 500 - 1600 \text{ кА}$ ,
- $dJ/dt \sim 10^9 - 10^{11} \text{ А/с}$
- энерговыдел в разряд  
свыше 500 кДж



## Разрядная камера

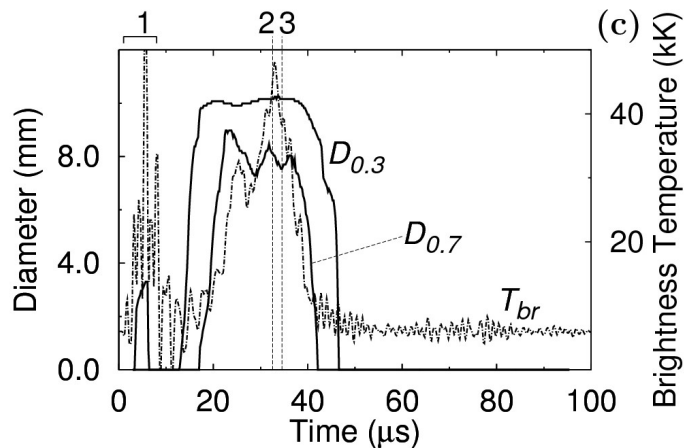
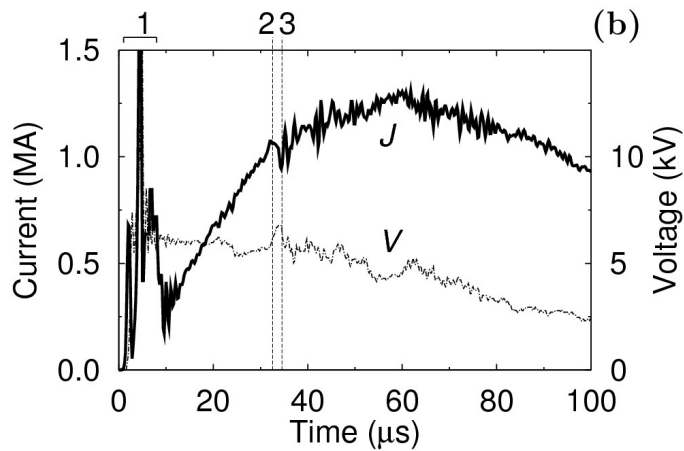
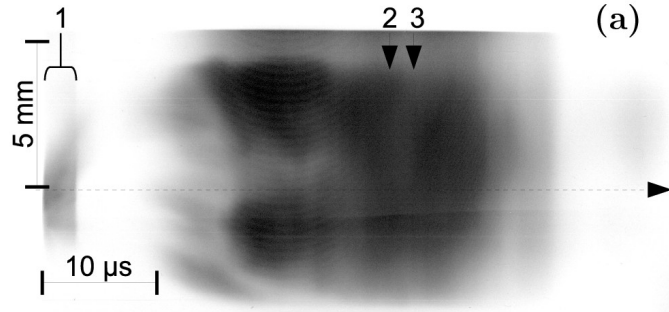


*1- корпус, 2 - бандаж, 3 - токосборник, 4 — токоввод, 5 — изоляция, 6 — катод, 7 — анод, 8 — диафрагма, 9 — сопло, 10 — буферная камера для датчика рентгеновского излучения*

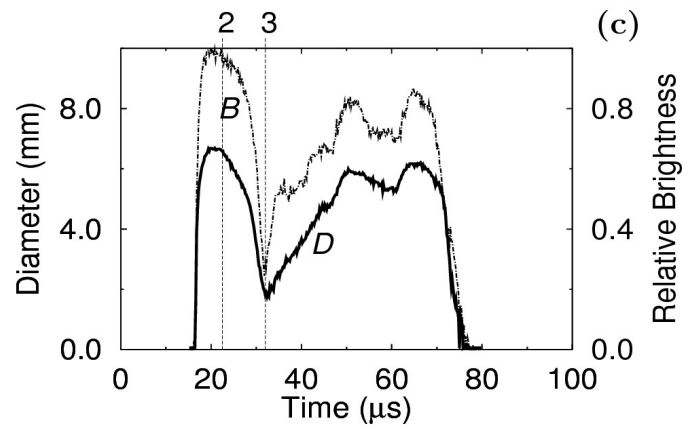
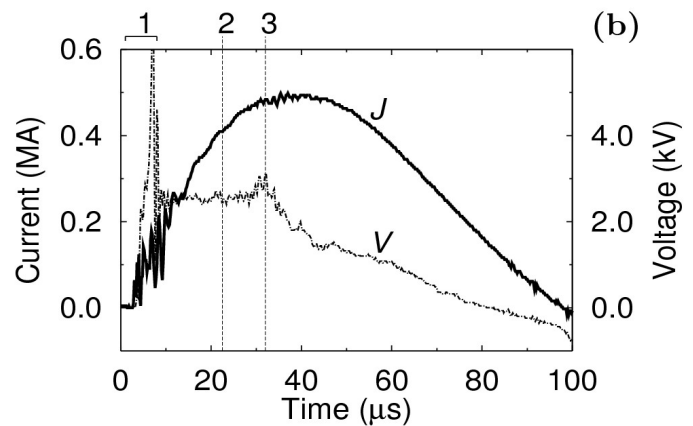
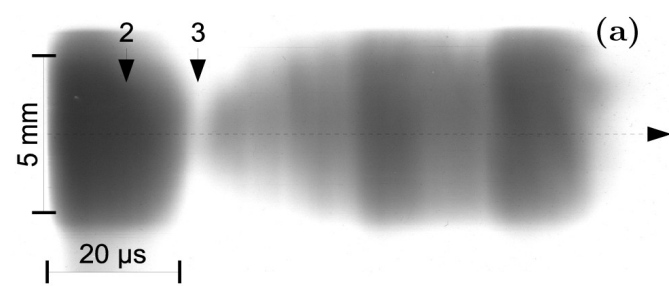
## Разряд в водороде

**Фототразвертка (а), ток и напряжение (б), яркость в центре разрядного промежутка и диаметр канала (с)**  
**1- взрыв инициирующей проволоочки, 2-падение яркости, 3-максимум сжатия канала**

**32 МПа**



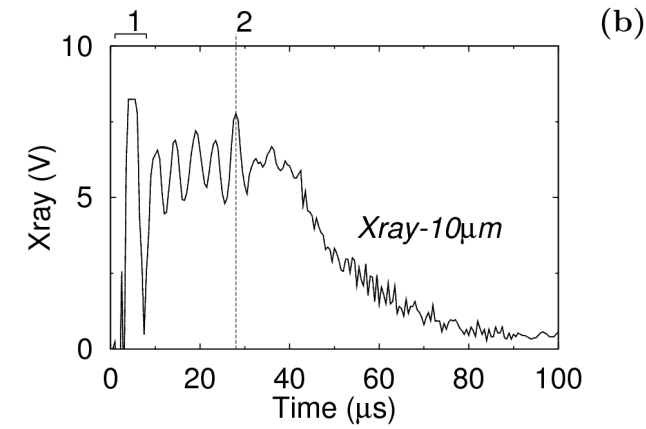
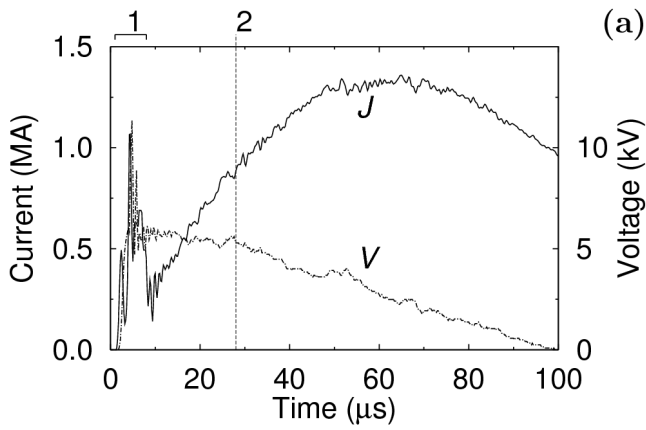
**5 МПа**



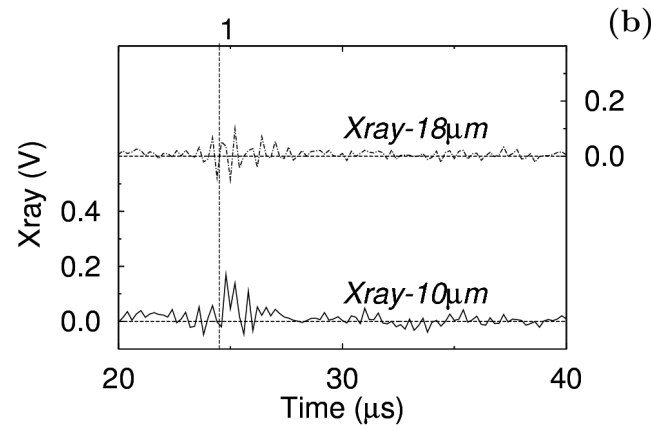
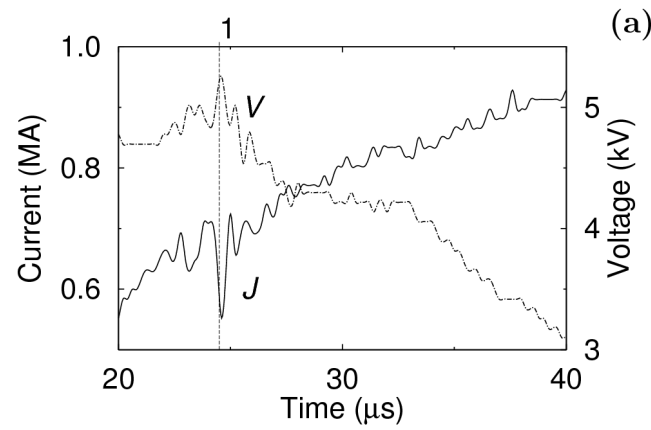
Вольфрамовые электроды диаметром 6 мм. Межэлектродное расстояние 12 мм.

Диаметр канала  $D_{0.3}$  и  $D_{0.7}$  по уровню яркости 0.3 и 0.7 от максимальной. Стальные полусферические электроды диаметром 20 мм. Межэлектродное расстояние 20 мм.

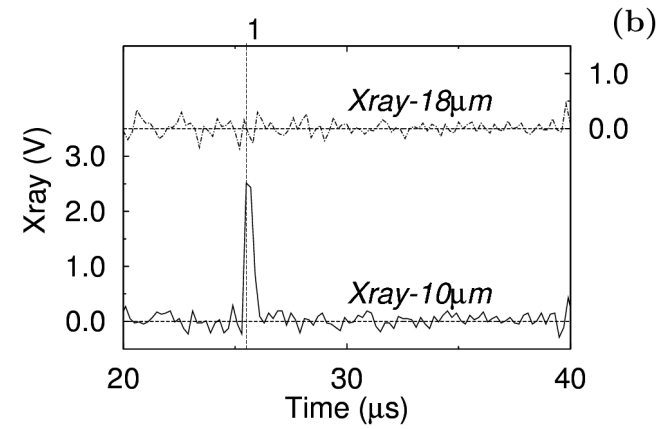
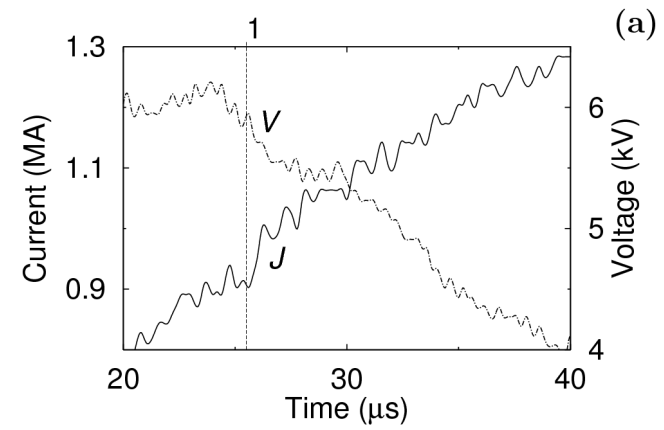
Рентгеновское излучение из канала разряда  
 Ток и напряжение (a), сигнал с датчиков рентгеновского излучения (b)



**5 МПа, 10 кВ**

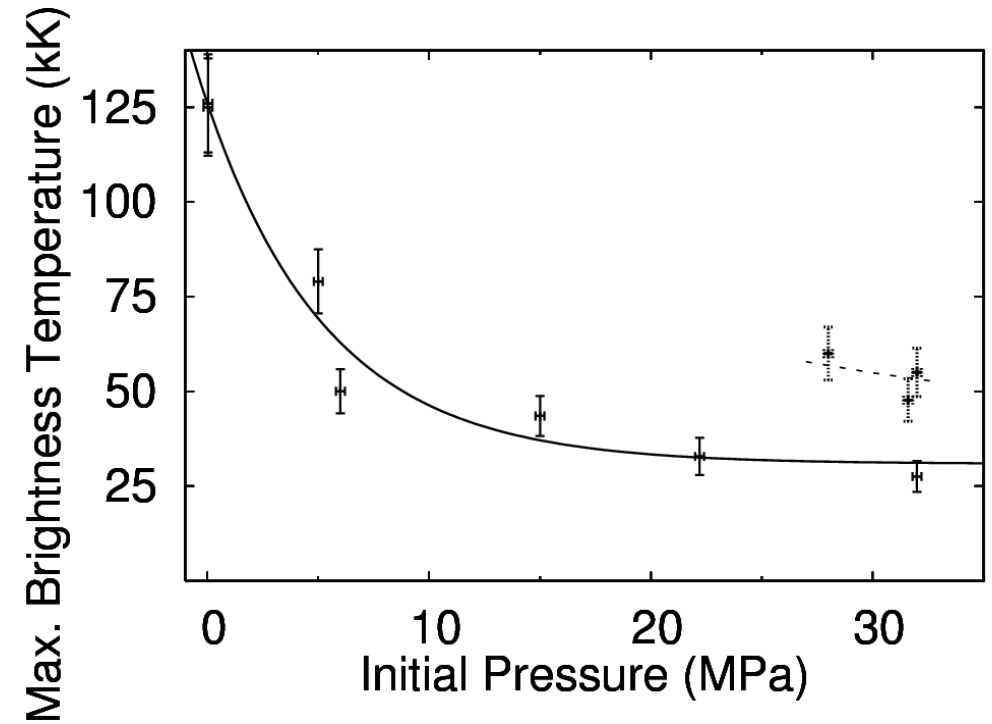
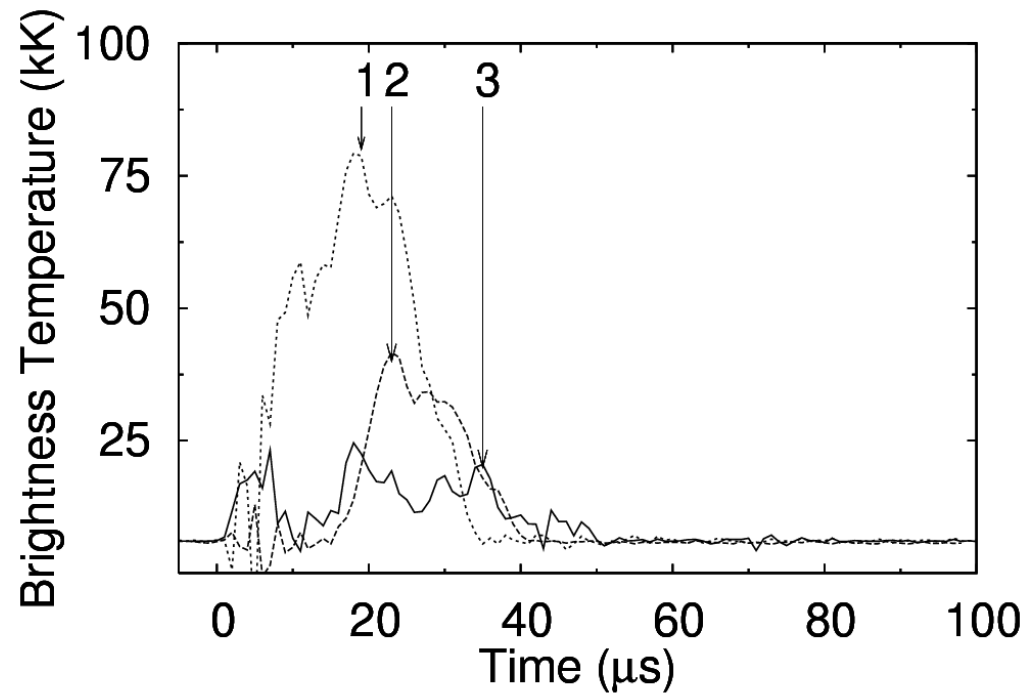


**7 МПа, 12 кВ**



**7 МПа, 16 кВ**

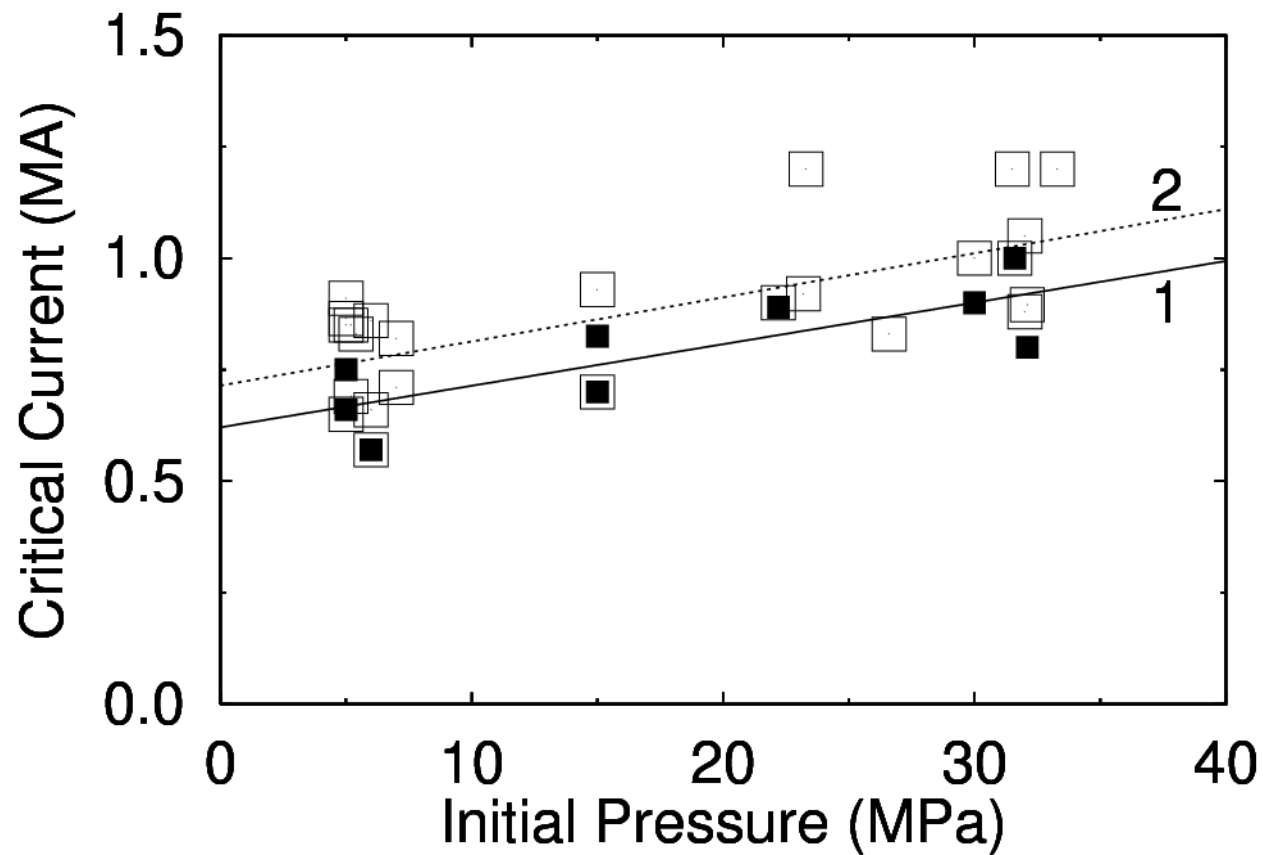
# Яркость канала разряда



*1 - 5 МПа, 2 - 15 МПа, 3 - 32 МПа,  
Стальные полусферические электроды диаметром 20 мм.  
Межэлектродное расстояние 10 мм.*

*Стальные полусферические электроды диаметром 20 мм.  
Сплошная линия - Межэлектродное расстояние 10 мм.  
Пунктирная линия - Межэлектродное расстояние 20 мм.*

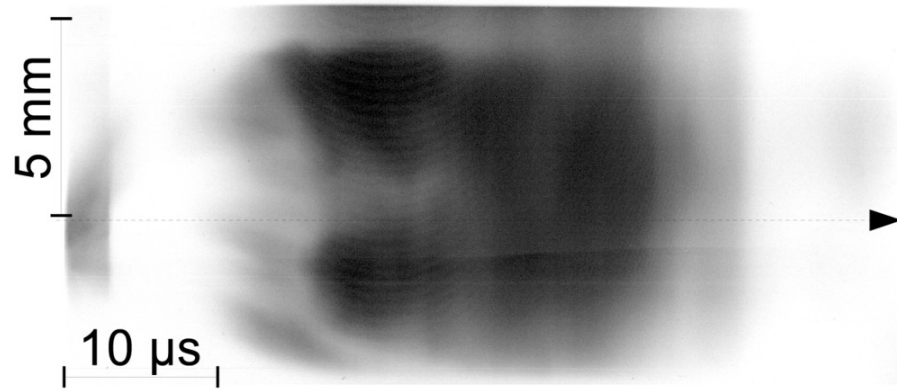
## Ток начала сжатия



1 (черные квадраты) — значения тока, полученные по падению яркости и фоторазверткам

2 (пустые квадраты) — значения тока, соответствующие особенностям на токе (напряжении) и времени вспышки рентгеновского сигнала

Разряд при начальном давлении водорода перед разрядом 32 МПа.

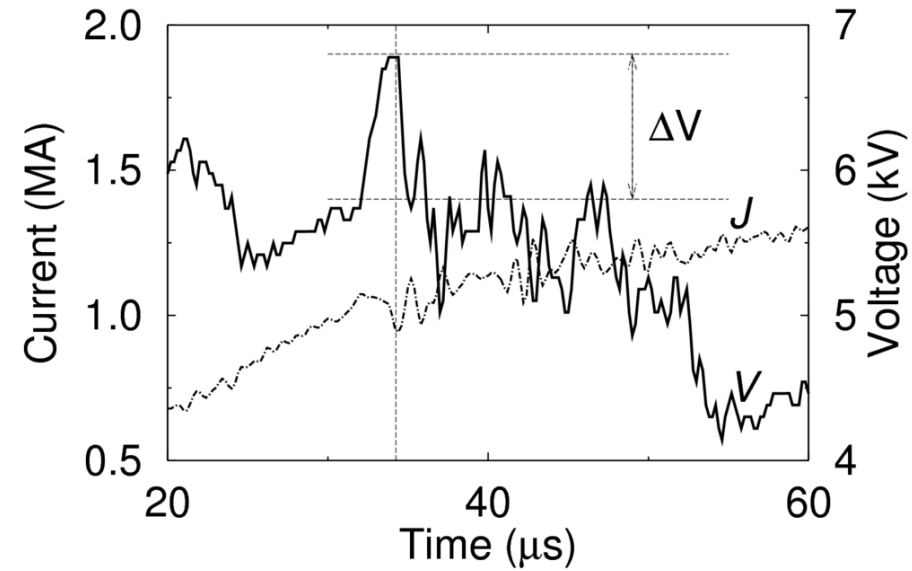
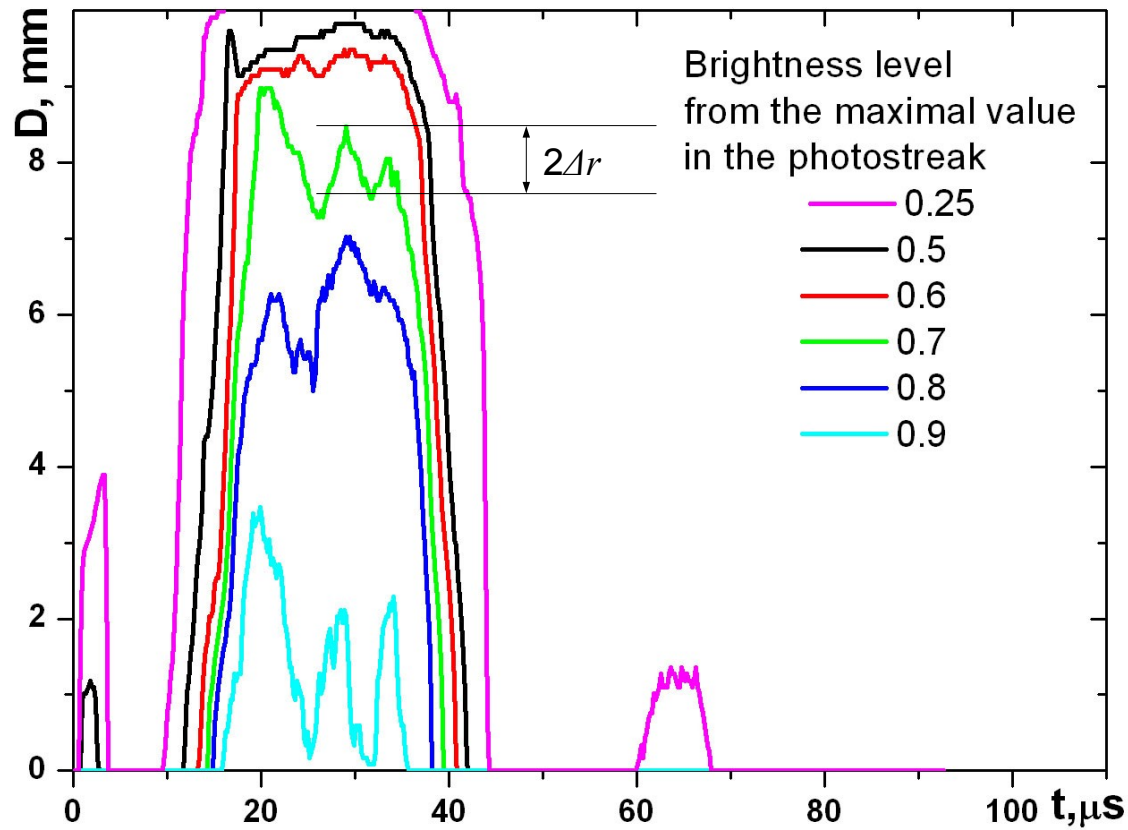


$$E = J / \pi r^2 \sigma;$$

$$\Delta E = (\partial E / \partial r) \Delta r + (\partial E / \partial \sigma) \Delta \sigma$$

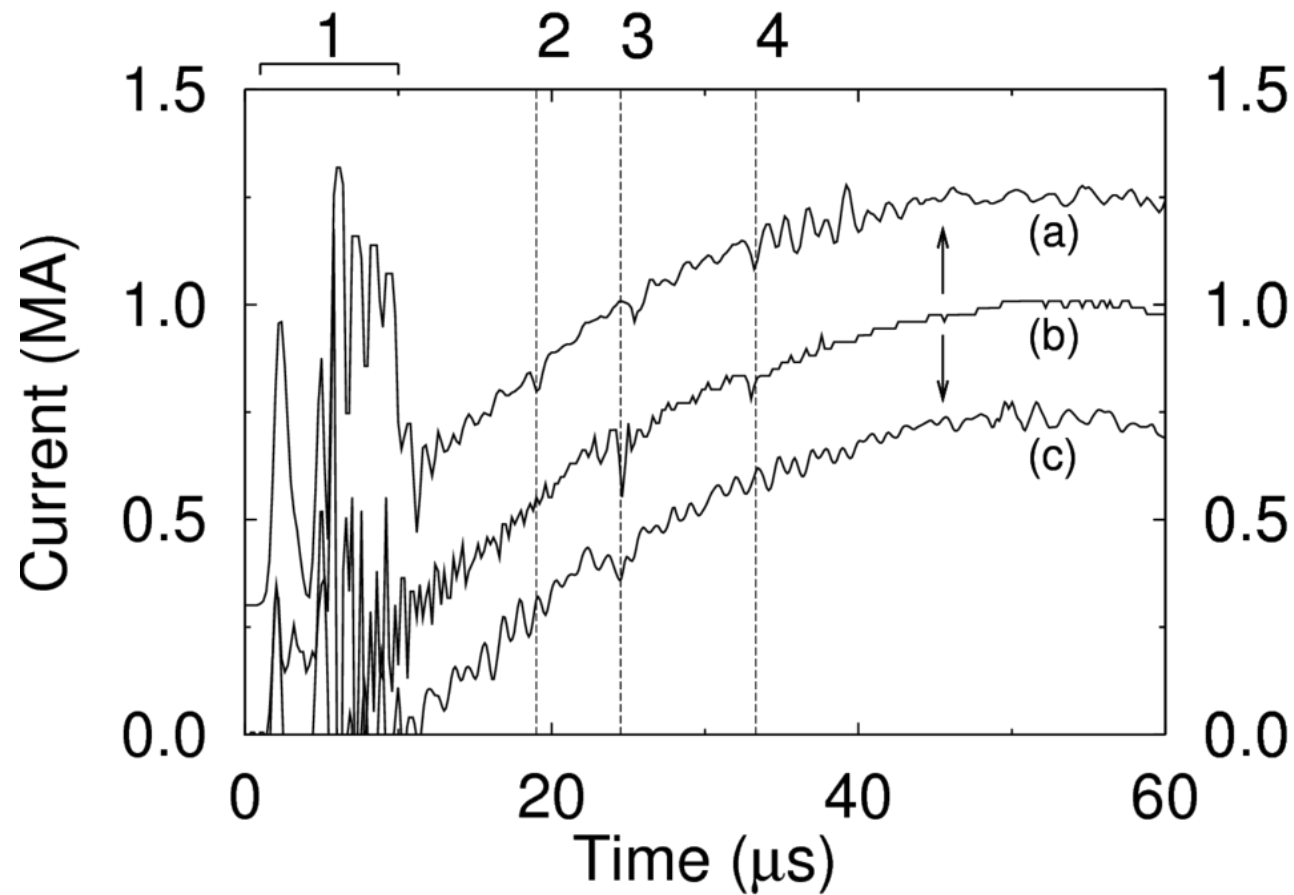
$$\Delta r = r(\Delta E / 2E)$$

$$\Delta r \sim 0.05 \text{ cm}$$





Влияние акустических колебаний на параметры канала разряда  
 $P_0$  - 7 МПа, вложенная в разряд энергия 300 кДж



*Стальные электроды и медная иницирующая проволочка: (a) диаметр разрядной камеры 63 мм; (b) Ø 55 мм; (c) Ø 43 мм; 1 - стадия взрыва иницирующей проволочки; 2,3,4 - моменты наиболее выраженных особенностей на кривой тока; Амплитуды тока (a), (b) и (c) одинаковы, но кривые тока сдвинуты по вертикали для наглядности относительно друг друга. Межэлектродный промежуток 10 мм.*

## Критический ток начала сжатия

$$Q_J = JE$$

$$Q_{rad} = 4\pi\sigma T^4 r^2 / l_P$$



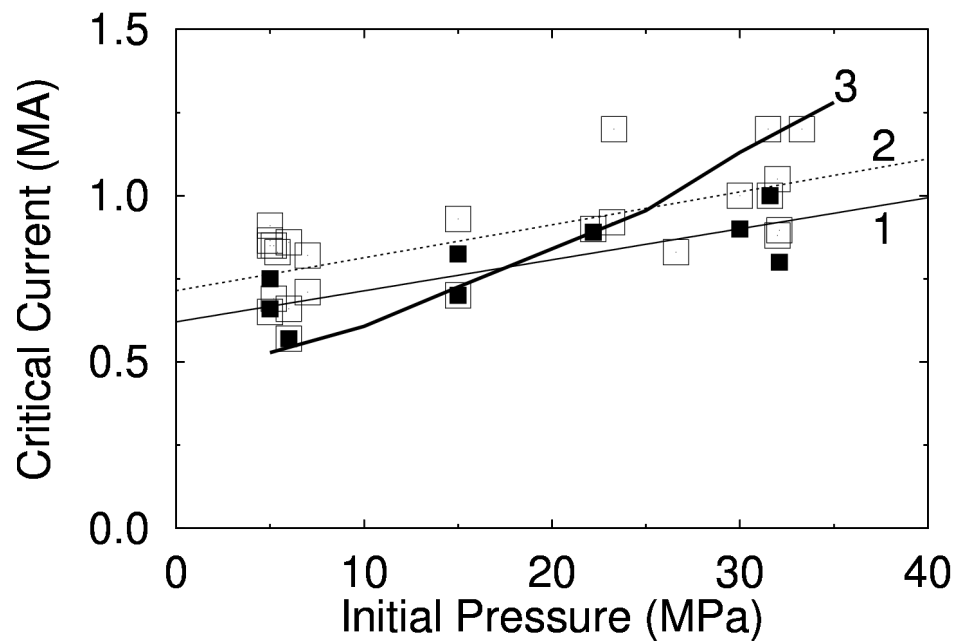
$$J_{cr} = 0.27 \sqrt{\ln \Lambda / K} \text{ (MA)}$$

$$Q_J = JE$$

$$Q_{rad} = 4\pi\sigma T^4 r^2 \exp(-n_{tr} \sigma l) / l_P$$



$$J_{cr} = 0.27 \sqrt{\ln \Lambda / K \exp(-n_{tr} \sigma l)} \text{ (MA)}$$



## **Заключение**

*Критический ток, при котором начинается сжатие канала разряда, возрастает при увеличении начального давления рабочего газа, Сжатие связывается с превышением излучательных потерь над вкладываемой в канал электрической энергией. При начальных давлениях 5 – 30 МПа величина критического тока составляет 500 - 1200 кА, при характерной величине для разрядов в вакууме 100 -200 кА. Это происходит из-за уменьшения излучательных потерь, вызванного поглощением излучения в переходном слое между разрядным каналом и окружающим газом. Увеличение критического тока происходит также вследствие роста полного числа ионов металла в сечении канала. Наличие плотной оболочки из окружающего канал газа позволяет регулировать параметры дуги за счет изменения величины начального давления.*

# **СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**



*Институт электрофизики и  
электроэнергетики  
Российской Академии наук  
(ИЭЭ РАН)*

*191186, Санкт-Петербург, Дворцовая наб., 18  
[rc@iperas.nw.ru](mailto:rc@iperas.nw.ru)  
[pinchme@mail.ru](mailto:pinchme@mail.ru)  
тел.: 7(812) 315 1757, факс: 7(812) 571 5056,*