



A. 91

12

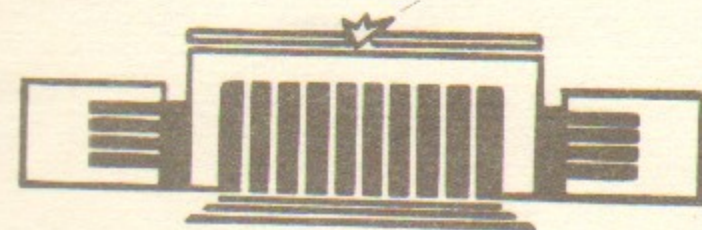
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ СО АН СССР

В.Т.Астрелин, В.С.Николаев, А.В.Смирнов
М.А.Щеглов

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТРУБКА ИМПУЛЬСНОГО
ЭЛЕКТРОННОГО УСКОРИТЕЛЯ У-1

ПРЕПРИНТ 84-118

БИБЛИОТЕКА
Института ядерной
Физики СО АН СССР
ИЗБ. № _____



НОВОСИБИРСК

Ускорение электронов в ускорителе У-1 [1] осуществляется в однозазорном ускоряющем промежутке между катодом и анодной фольгой в вакуумном объеме, ограниченном металлическими стенками (см. рис. 1). Ускоряющее напряжение от генератора, собранного по LC - схеме [2], после коммутатора (на рисунке не показан) передается через проходной изолятор на катод. Проходной изолятор состоит из 2-х частей. Левая часть находится в объеме коммутатора в среде сжатого азота, правая - в вакууме. Обе части секционированы градиентными электродами и стянуты металлическим центральным электродом. По нему подается на катод ускоряющее напряжение.

Для обеспечения электрической прочности проходного изолятора на входе в вакуумный объем (наиболее электрически напряженное место) применен пленочный тип изоляции [3]. На центральный электрод наматывается слой полипропиленовой пленки ^{симметричной} толщиной 4 см. Межслойные зазоры ~~заполняются~~ после вакуумирования пропитываются электролитом с удельным сопротивлением $\sim 10^4$ Ом.см.

Кольцевой слой электролита между секционированными изоляторами и наружной границей пленочной изоляции служит для равномерного распределения потенциала по длине изоляторов. Величина тока через такой делитель выбиралась больше оценочного тока с поверхностей градиентных электродов.

Ускорительная трубка помещена в продольное магнитное поле. Расположение и число витков магнитной системы подобрано так, чтобы силовые линии магнитного поля, проходящие вблизи поверхностей, с которых возможна эмиссия электронов, пересекали вакуумный объем и замыкались через его торцевые части. Максимальная напряженность магнитного поля находится в области ускоряющего промежутка и составляет ~ 6 кЭ. Угол наклона силовых линий к оси выбирается из условия, чтобы электроны, эмиттируемые с поверхности градиентного электрода, не попадали на соседний электрод, находящийся под более низким потенциалом. В этом случае величина ΔR для силовых линий (рис. 2) должна быть больше ларморовского радиуса электрона, рассчитанного по полной энергии, набираемой электроном между соседними электродами:

$$\Delta R (\text{см}) > \frac{3.4 \sqrt{W(\text{эВ})}}{V (\text{Гс})}$$

Из экспериментов с вакуумными коммутаторами [4] следовало, что для нетренированных промежутков ≈ 1 см и высотой изоляторов 2,5 см, напряжение самопробоя, как правило, немногим больше 30 кВ. Чтобы напряжение между соседними электродами не превышало безопасной величины, количество электродов было выбрано равным 40 (если исходить из того, что полное напряжение на ускорительной трубке не будет превышать 1,2 МВ). Общая длина ускорительной трубки составила ~ 120 см.

Для определения формы электродов и изоляторов были выполнены подробные расчеты электрических полей вблизи поверхностей электродов. Подбором размеров и радиусов кривизны напряженность по поверхности в местах стыковки изоляторов с электродами была снижена до 2 кВ/см. Для того, чтобы исключить усиление электрического поля в монтажных зазорах, на торцевые поверхности изоляторов из органического стекла, был нанесен хром с толщиной покрытия $\sim 0,5$ мкм. Размеры конуса внутренней поверхности изолятора обеспечивают необходимое распределение напряженности электрического поля по длине изолятора в его средней части.

На рис. I приведены расчетные эквипотенциалы для наиболее напряженной части ускорительной трубки. Размеры экранирующего электрода I (рис. I) выбирались оптимальными с учетом размеров вакуумного объема. Наибольшие напряженности были получены на катодной поверхности электрода. Напряженность на поверхности электрода, обращенной к градиентным электродам в точках 2 и 3 составила 110 кВ/см при напряжении на ускоряющем промежутке 1 МВ. На поверхности градиентных электродов наибольшая напряженность электрического поля в точках а, б, в составляет $\sim 95-100$ кВ/см. Сознательное повышение напряженностей в точках 2 и 3 было вызвано стремлением снизить напряженность на градиентных электродах за счет перестройки электрического поля объемным зарядом электронов, эмиттируемых из точек 2 и 3.

Уплотнение стыков между градиентными электродами и кольцевыми изоляторами в проходном изоляторе и корпусными деталями и

фланцами в ускорительной трубке выполнено на уплотнителях из вакуумной резины.

Испытания ускорительной трубки проводились с холодновысходяющим катодом и алюминиевой фольгой толщиной 30 мкм в качестве анода [1]. При длительности импульса ~ 5 мкс ускорительная трубка выдержала более 500 импульсов без поломок изоляторов и пробоев пленочной изоляции. Это позволило получать пучки с энергосодержанием до 40 + 60 кДж. В серии импульсов с напряжением 1 МВ наблюдались следы пробоев между наиболее напряженными градиентными электродами которые, однако, не вызвали общего пробоя проходного изолятора. Повидимому, их возникновение инициировано частицами материала анодной фольги, взрывающейся при каждом рабочем импульсе установки, которые разлетаются в вакуумном объеме и осаждаются на поверхностях элементов проходного изолятора.

Таким образом, испытания ускорительной трубки показали ее работоспособность и высокую надежность выбранной изоляции.

Л и т е р а т у р а

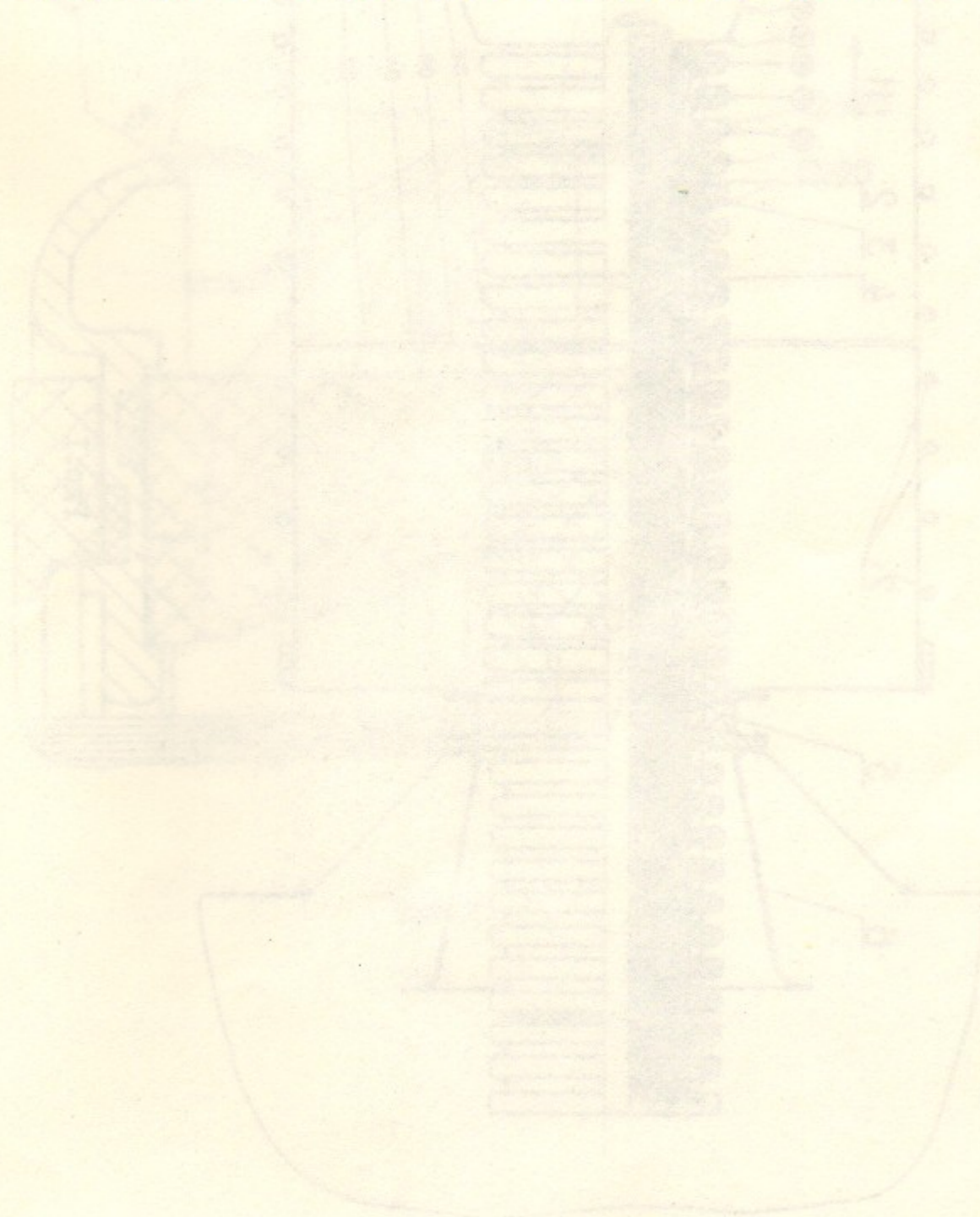
1. Воропаев С.Г., Койдан В.С., Лебедев С.В., Николаев В.С., Чикунов В.В., Щеглов М.А. ДАН СССР, т.276, 1984 г., с.65.
2. Астрелин В.Т., Воробьев В.В., Лагунов В.М., Николаев В.С., Щеглов М.А. Малоиндуктивный ГИИ с воздушной изоляцией (1,8МВ, 180 кДж). - В сб.: Вопросы атомной науки и техники, сер. Термоядерный синтез, вып. I (9), М., ИАЭ, 1982.
3. Корнилов В.А., Лагунов В.М., Федоров В.М. Сильноточные ускорители ИЯФ СО АН СССР на основе водяных линий. - В кн.: Тр. пятого Всесоюзн. совещания по ускорителям заряженных частиц, 1976. - М., 1977, т.2, с.259-264.
4. Fedorov V.M., Shcheglov M.A., Ponurov V.N., Deichyly P.P. Low inductance vacuum switch for 50 kV, 100 kJ capacitor bank system. - In: Discharges and electrical insulation in vacuum: Proc. of the 7-th Intern. symp. - Novosibirsk, 1976, p.410-414.

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1. Ускорительная трубка.

1 - экранирующий электрод, 2 - изолятор (плексиглас),
3 - градиентный электрод, 4 - многослойная пленочная
изоляция, 5 - измеритель тока диода, 6 - экран,
7 - соленоид.

Рис.2. Фрагмент секционированного проходного изолятора.



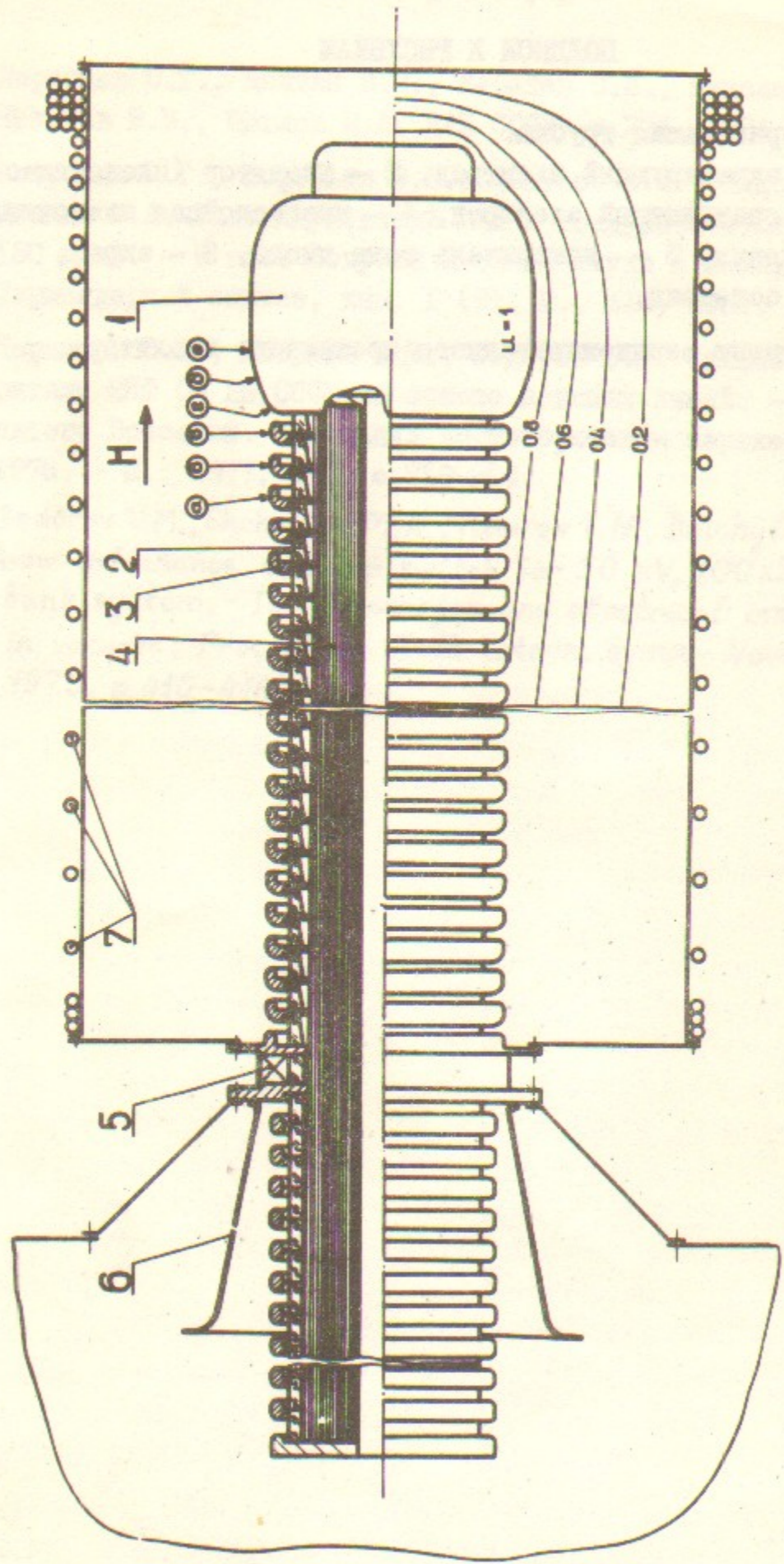


FIG. 1

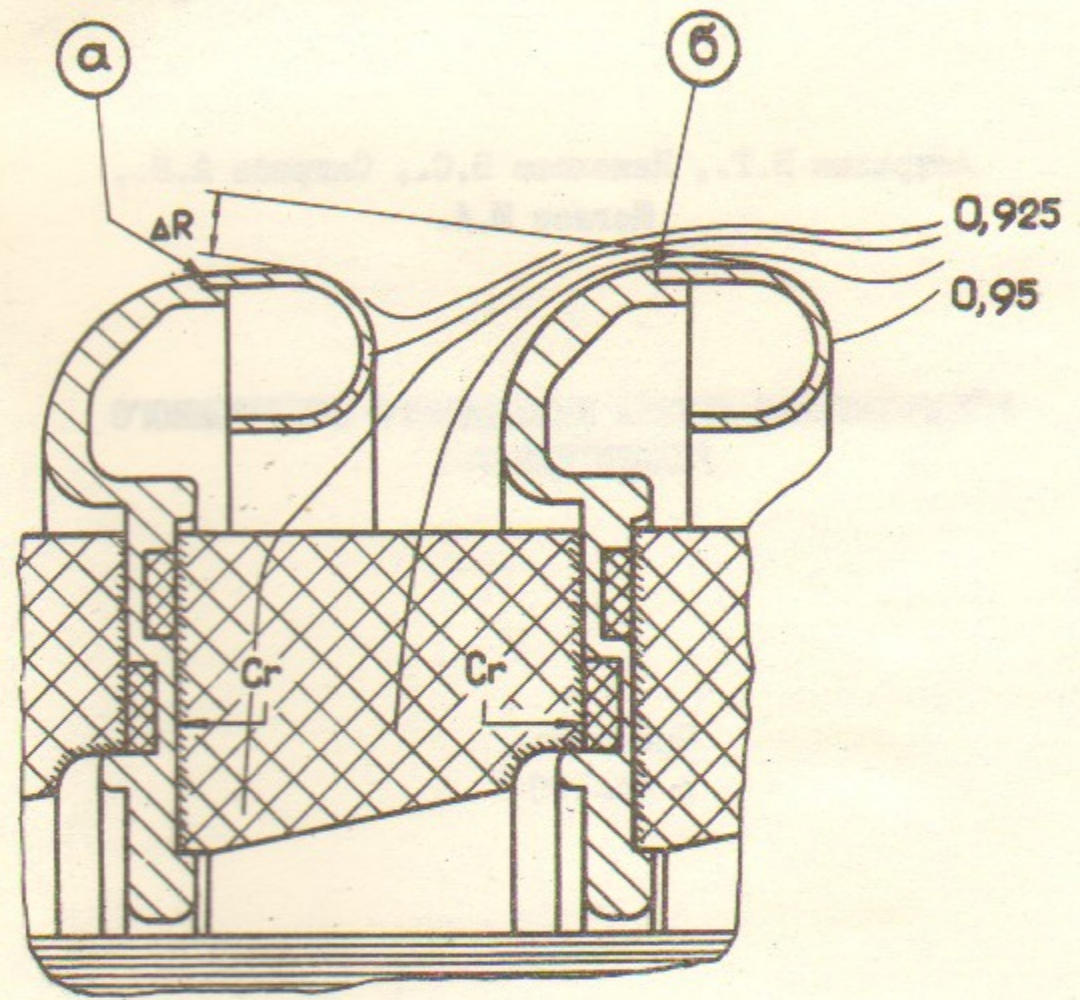


FIG. 2

Астрелин В.Т., Николаев В.С., Смирнов А.В.,
Щеглов М.А.

УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТРУБКА ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОННОГО
УСКОРИТЕЛЯ У-1

Препринт
№ 84-118

Работа поступила - 23 августа 1984 г.

Ответственный за выпуск - С.Г. Попов
Подписано к печати 13.09-84 г. МН 04528
Формат бумаги 60x90 1/16 Усл.0,8 печ.л., 0,7 учетно-изд.л.
Тираж 290 экз. Бесплатно. Заказ № 118.

Ротапринт ИЯФ СО АН СССР, г.Новосибирск, 90