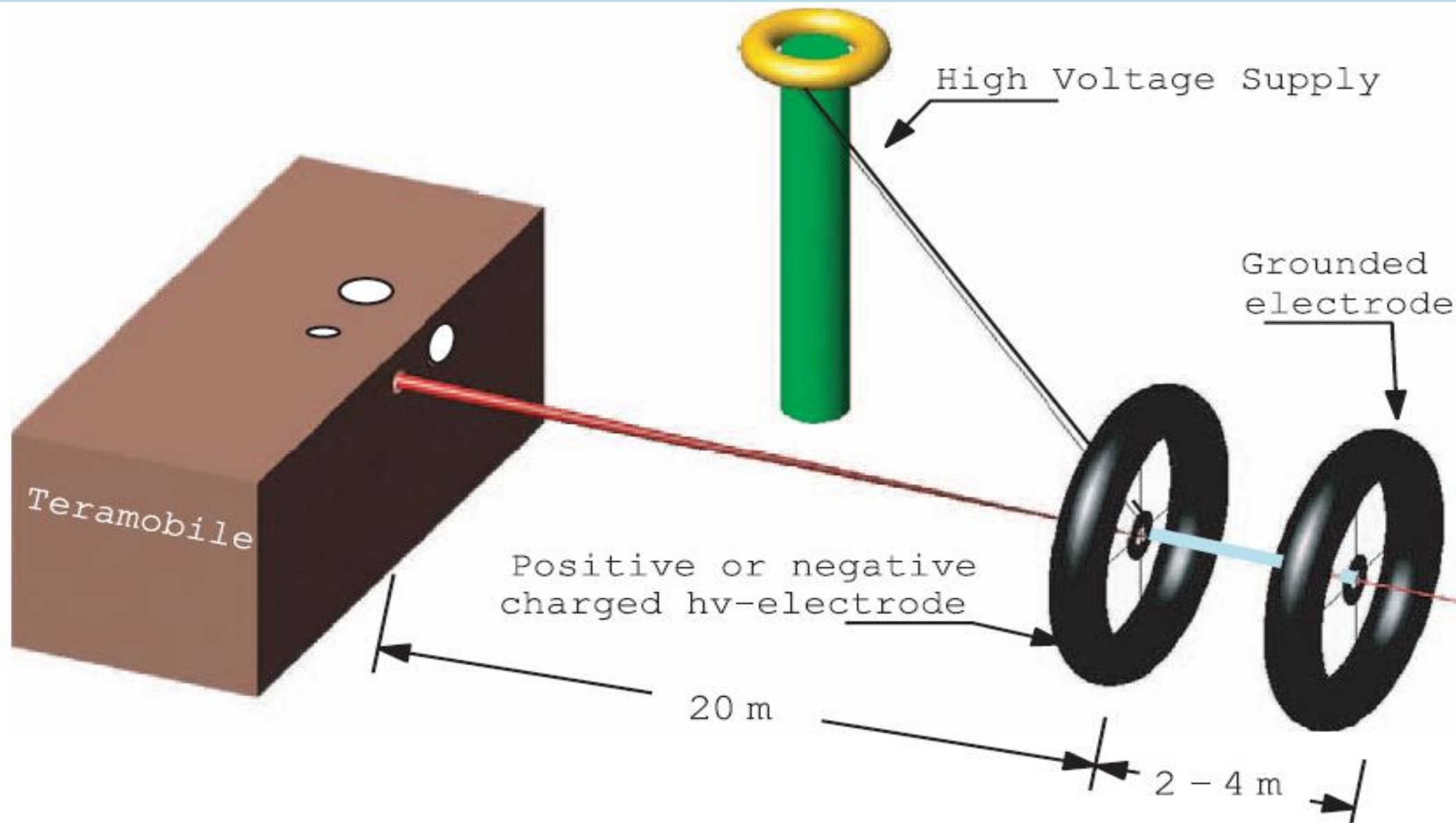
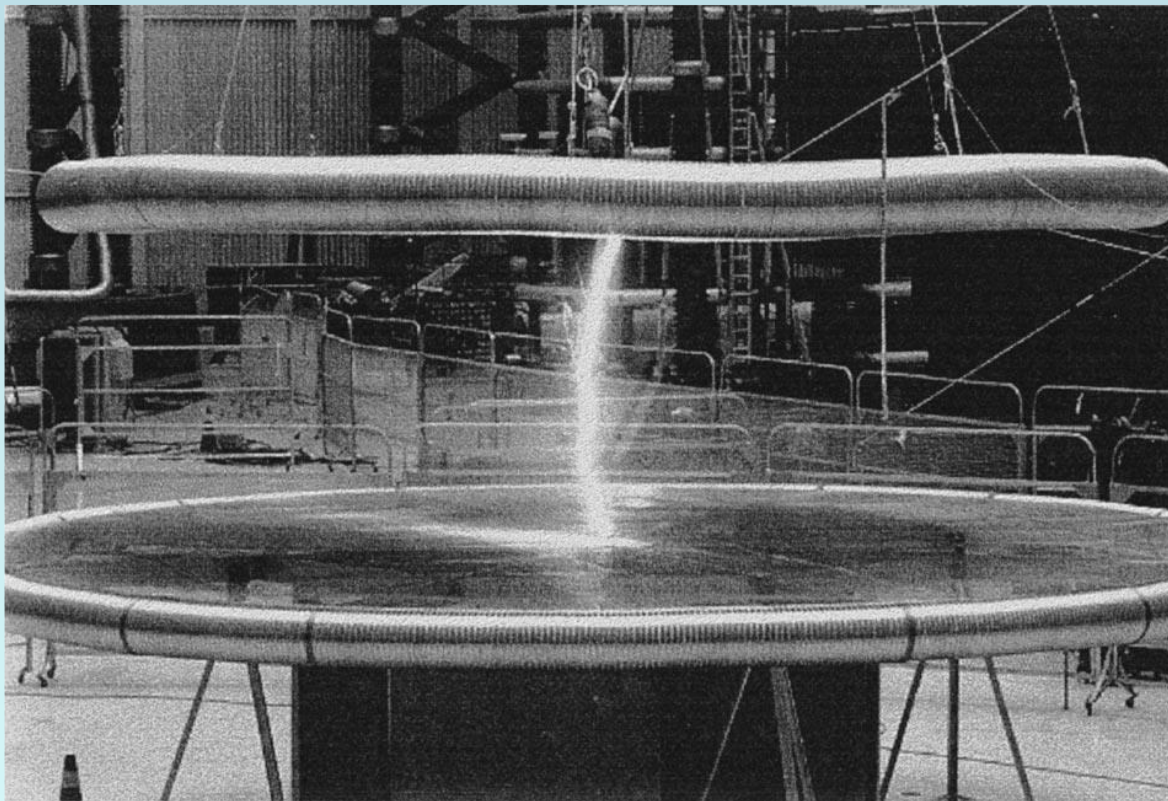

11.3 Управление высоковольтным разрядом

Схема установки по управлению ВЫСОКОВОЛЬТНЫМ РАЗРЯДОМ



Управление высоковольтным разрядом

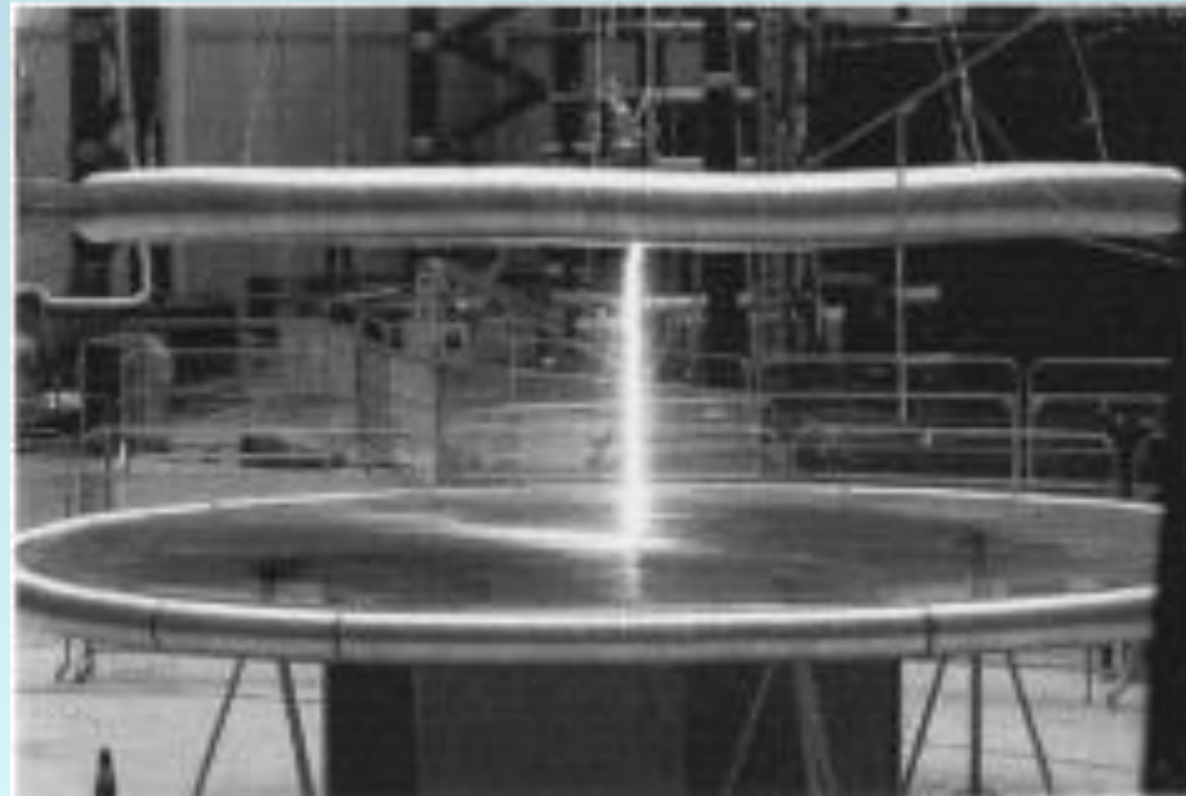


Расстояние между электродами 2 м.

Импульс HV 1.2 МВ ($E \sim 0.6$ МВ/м)

Регулируемая задержка лазерного импульса

$\lambda = 800$ нм, 600 фс, $W = 20 - 140$ мДж

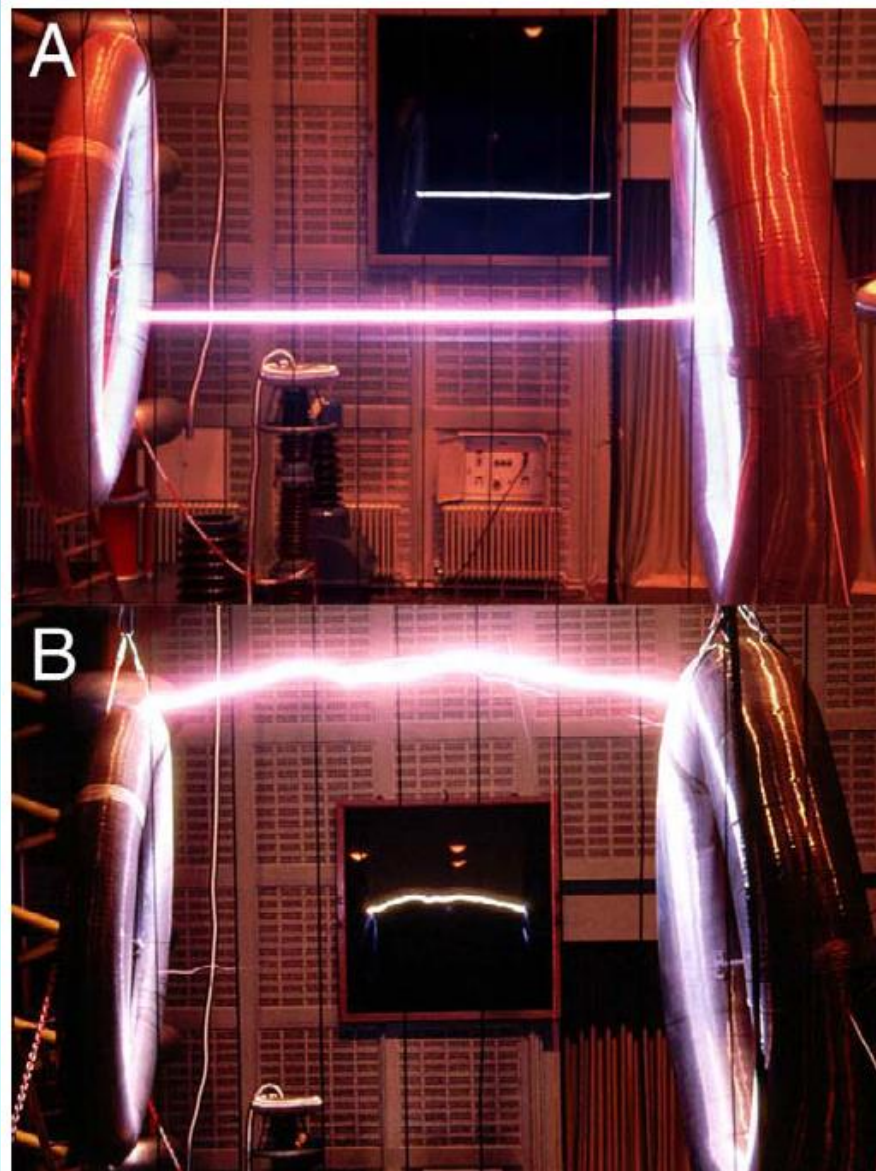


Направляющие свойства сохранялись
от 1 до 10 мкс

La Fontaine B. et al. *J. Appl. Phys.*, **88**, 610 (2000).

Управление высоковольтным разрядом

Электрический разряд между тороидальными электродами диаметром 2,2 и 3 м на расстоянии 3,2 м.



(А) с лазерным импульсом
300мДж, 100фс

(В) без импульса

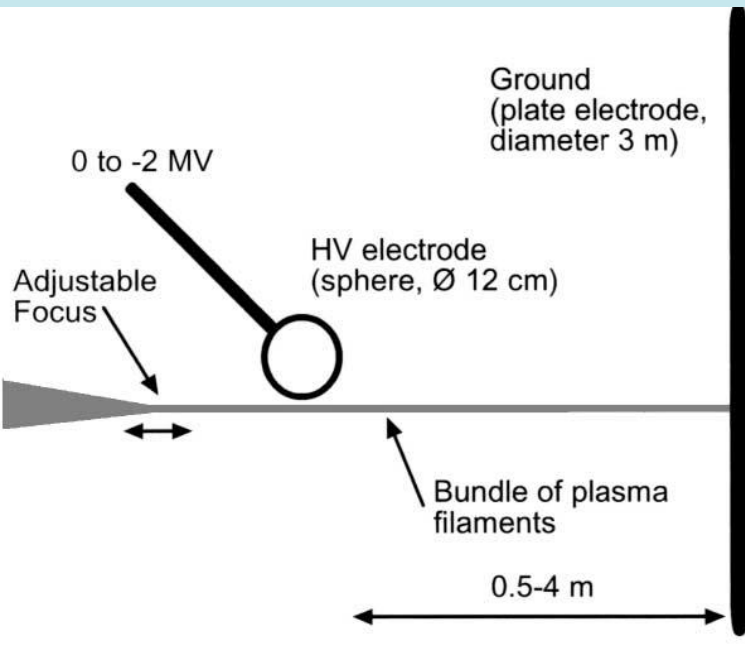
Управление высоковольтным разрядом

Лабораторный эксперимент с импульсами: 150 фс, 300 мДж, 790 нм, $R_f = 15$ м

– пучок из 15 филаментов диаметром ~ 1 см. Свободный разряд: 2 МВ 3.8 м,

Разряд инициированный филаментом:

Направленный характер разряда и **30% снижение напряжение пробоя**

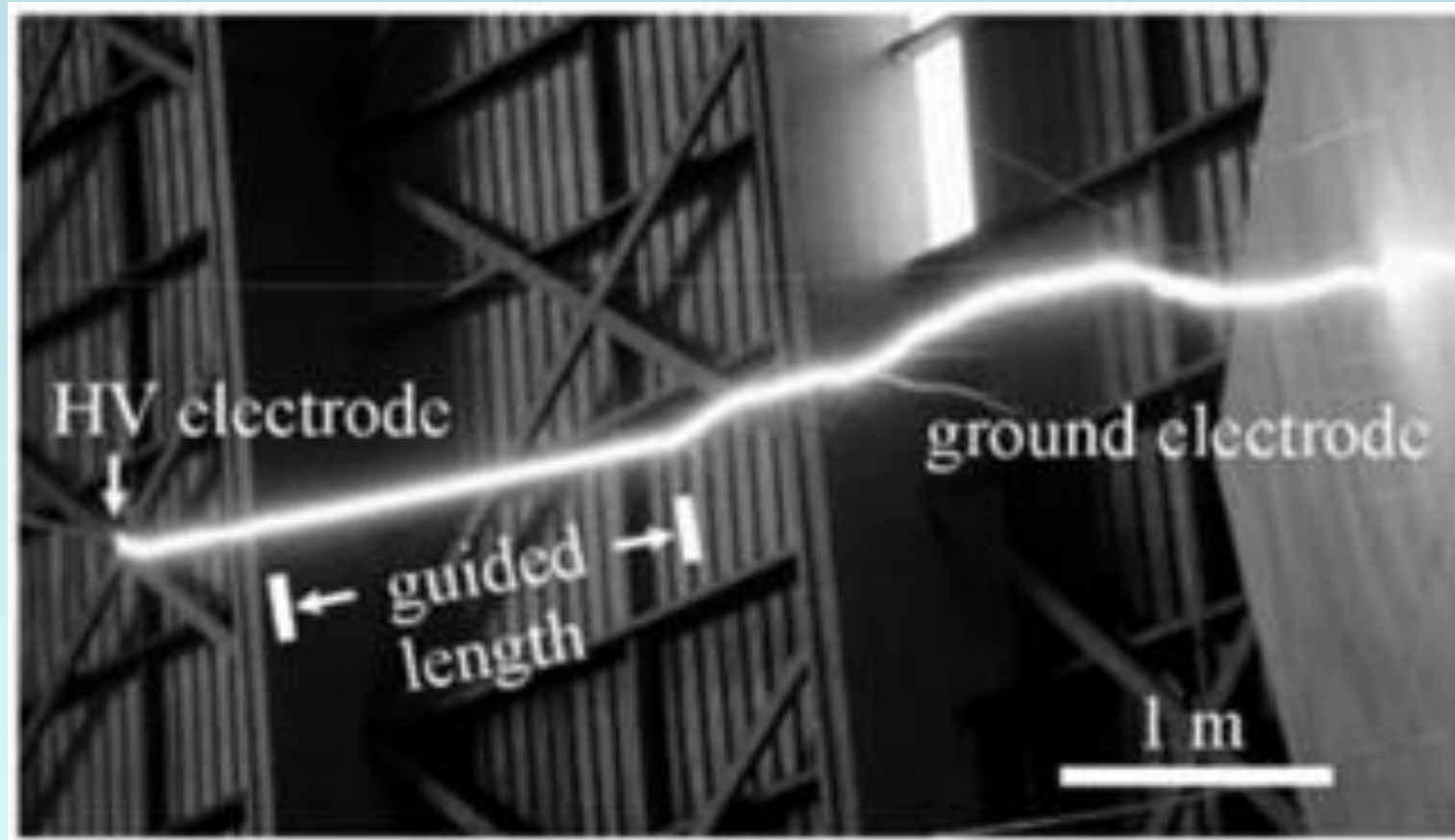


Свободный разряд



Управляемый пучком
филаментов разряд

Ограничение направленных свойств разряда временем жизни плазменных каналов филамента



Длина межэлектродного промежутка 4,5 м

Физика направленных свойств высоковольтного разряда, инициируемого лазерным филаментом

Проводимость разреженной плазмы филамента недостаточна для каналирования электрического разряда (прямой эффект слаб).

Вместо прямого эффекта реализуется косвенный из трех основных шагов:

1) За счет фотоионизации молекул воздуха возникает плазменный канал

2) Этот слабо проводящий канал нагревается за счет приложенного высоковольтного электрического поля, увеличивая температуру воздуха в канале на ~ 100 °К.

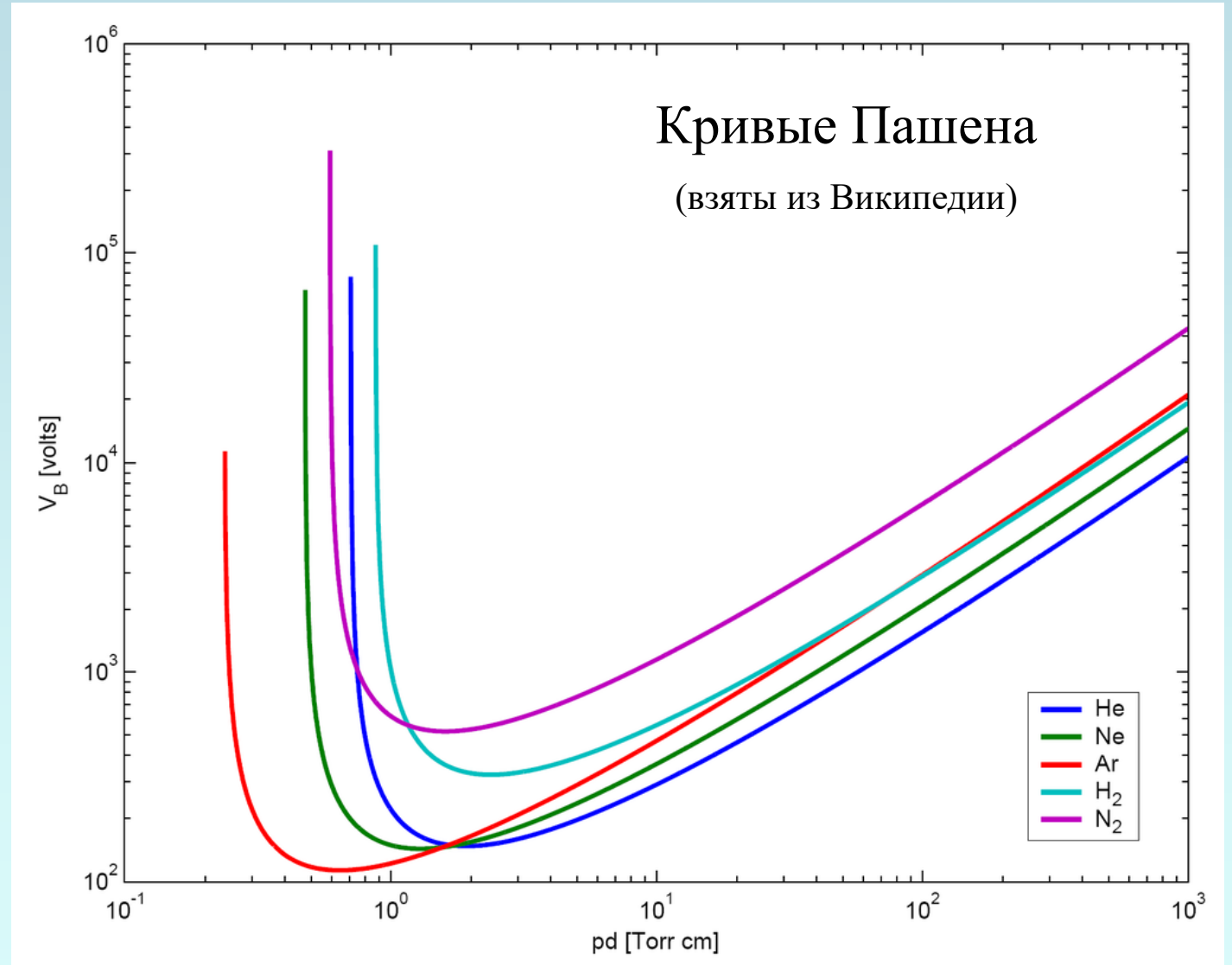
3) Нагретый воздух расширяется в поперечном направлении, создавая разреженный канал с пониженным давлением между электродами.

Только теперь возникает электрический разряд в созданном лазерном филаменте канале, т.к. согласно закону Пашена порог пробоя по постоянному напряжению примерно пропорционален плотности газа.

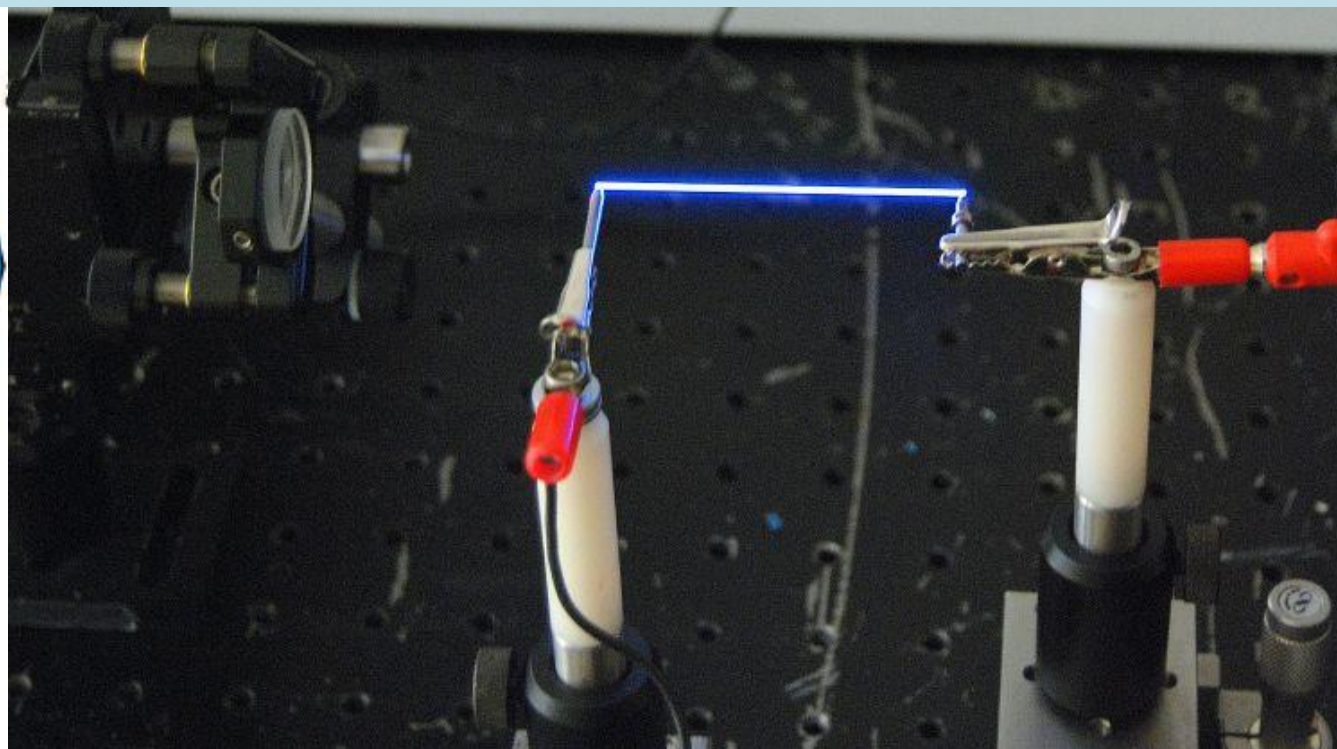
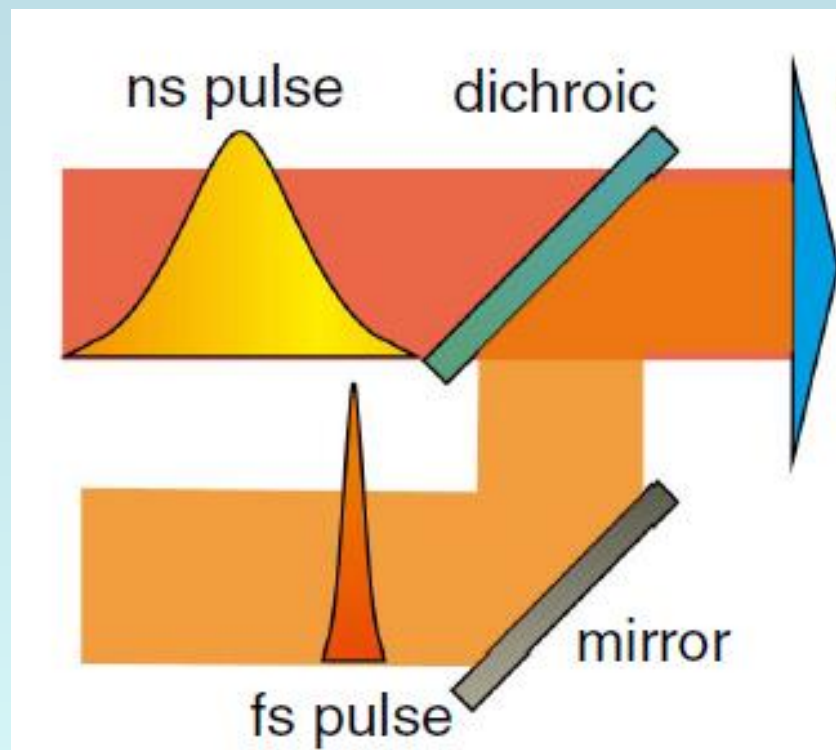
Закон Пашена

Только теперь возникает электрический разряд в созданном лазерном филаменте канале, т.к. порог пробоя по постоянному напряжению примерно пропорционален плотности газа.

Закон Пашена: пробойное напряжение V зависит от произведения pL



Увеличение длины управляемого электрического разряда в атмосфере



фс - импульс
100 фс, 15 мДж,
 $\lambda_0=800$ нм
10 Гц

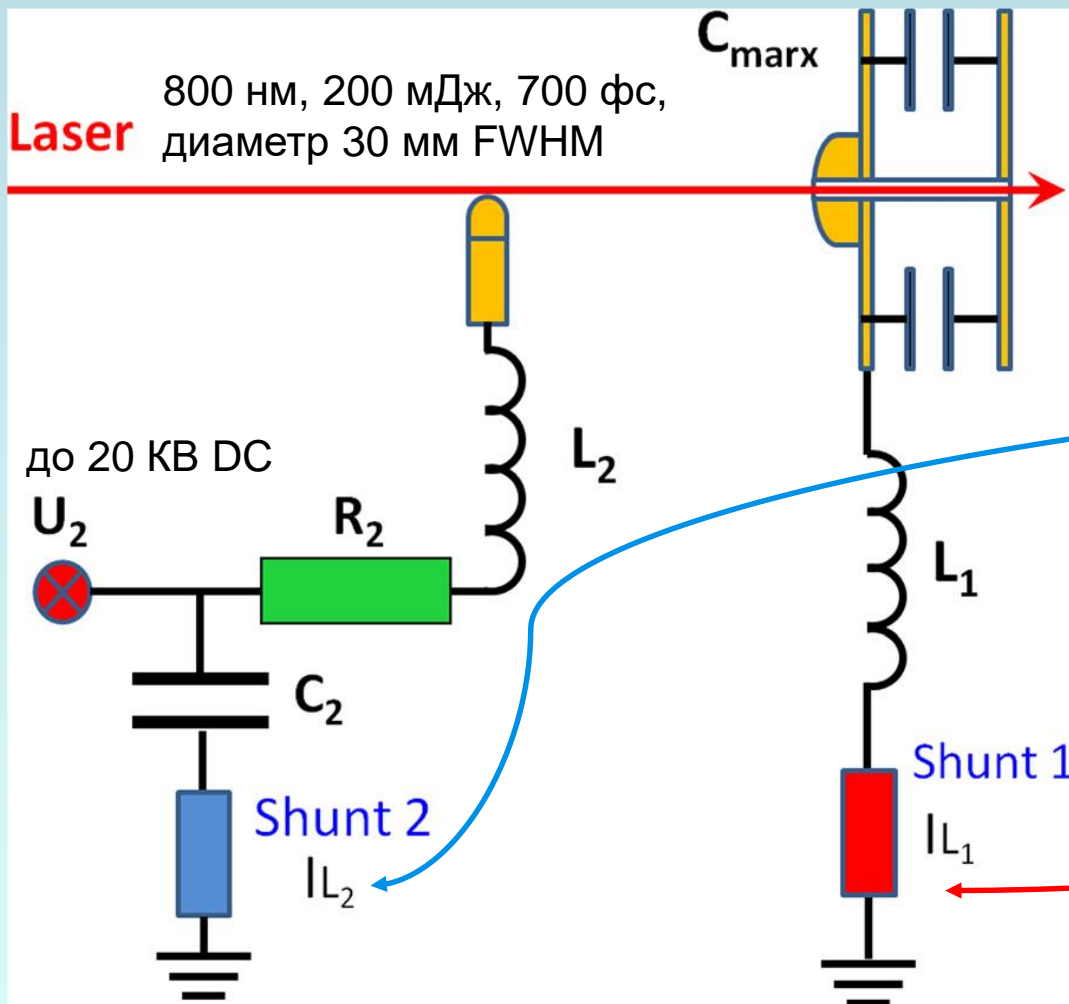
нс - импульс
6 нс, 3,3 Дж,
 $\lambda_0=1,064$ мкм
10 Гц

35 KV DC

M. Scheller et al / Optica, v. 1, No. 2, 125 (2014)

Зона линейного фокуса за аксиконом 30 см

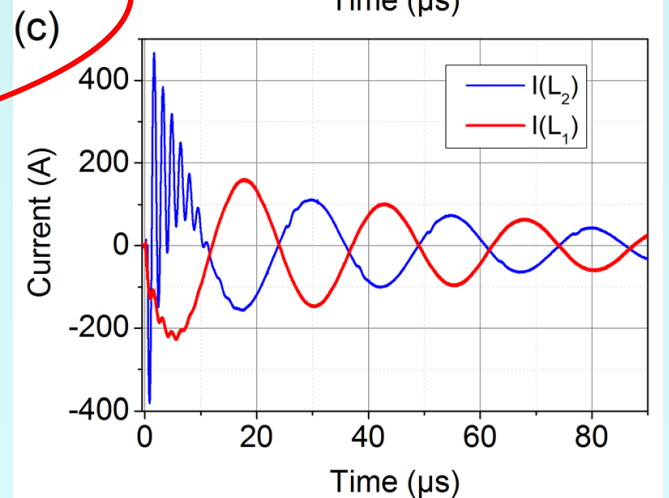
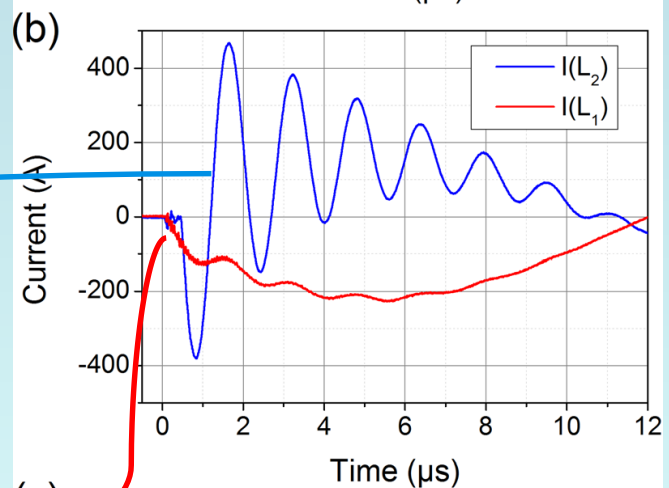
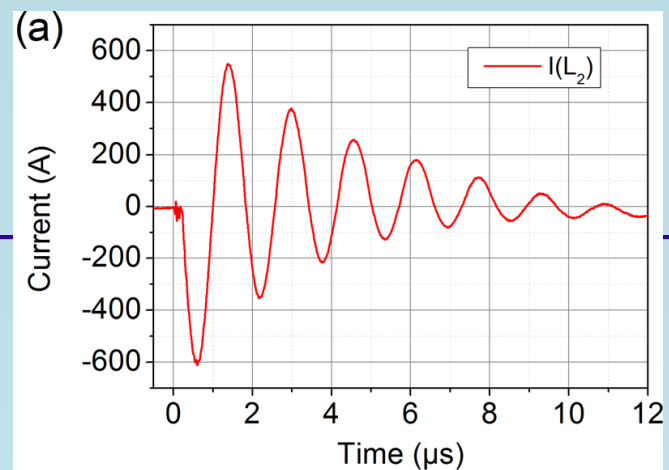
Увеличение длительности управляемого филаментом разряда



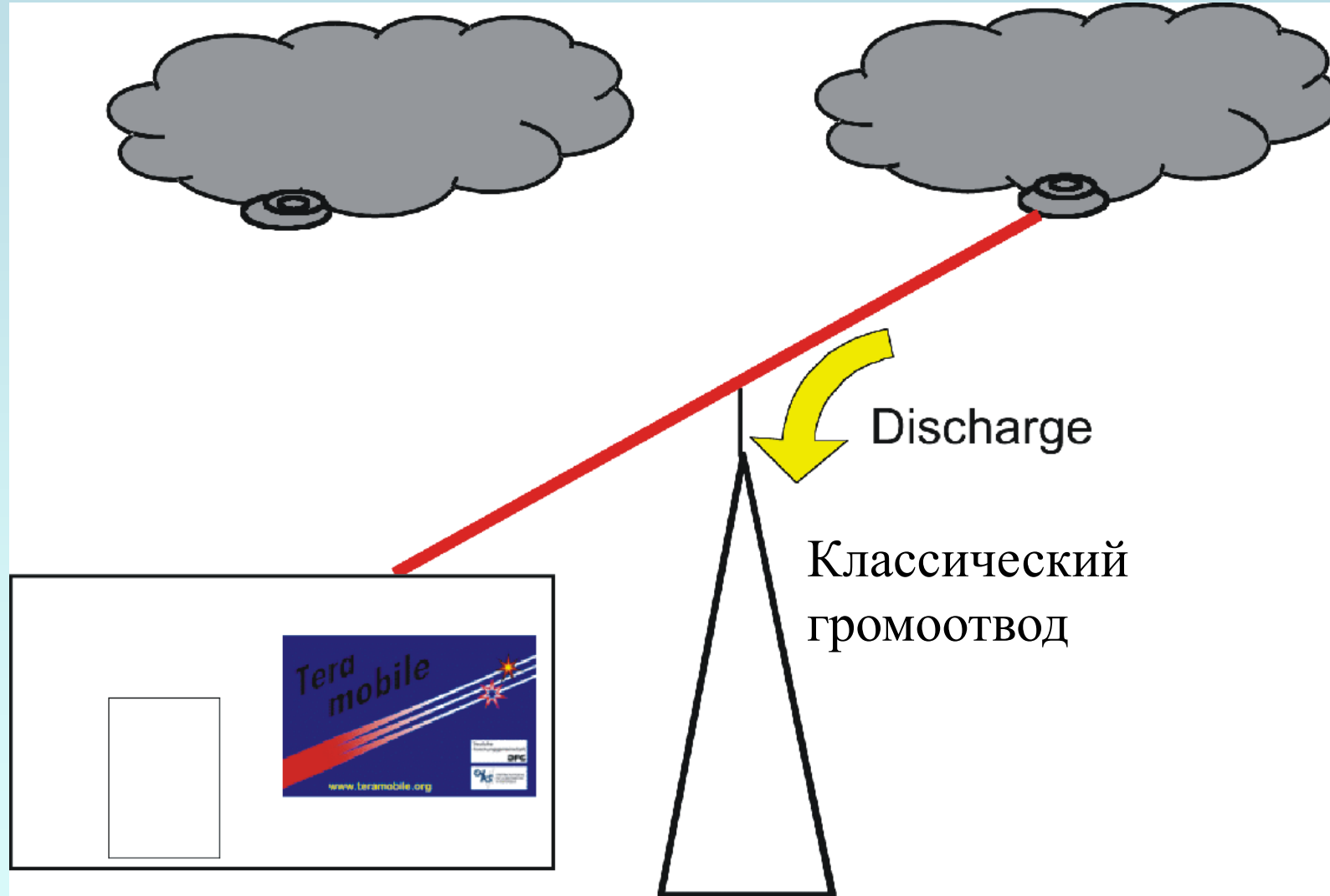
Генератор Маркса
(ГМ), 100 кВ

1) $C_{marx}-L_2-R_2-C_2$

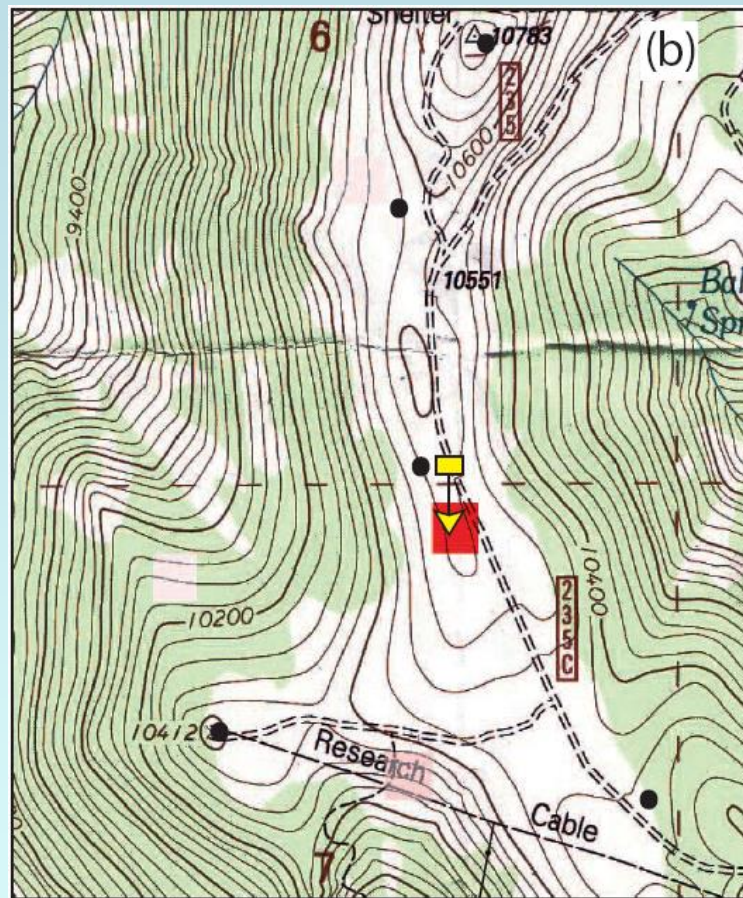
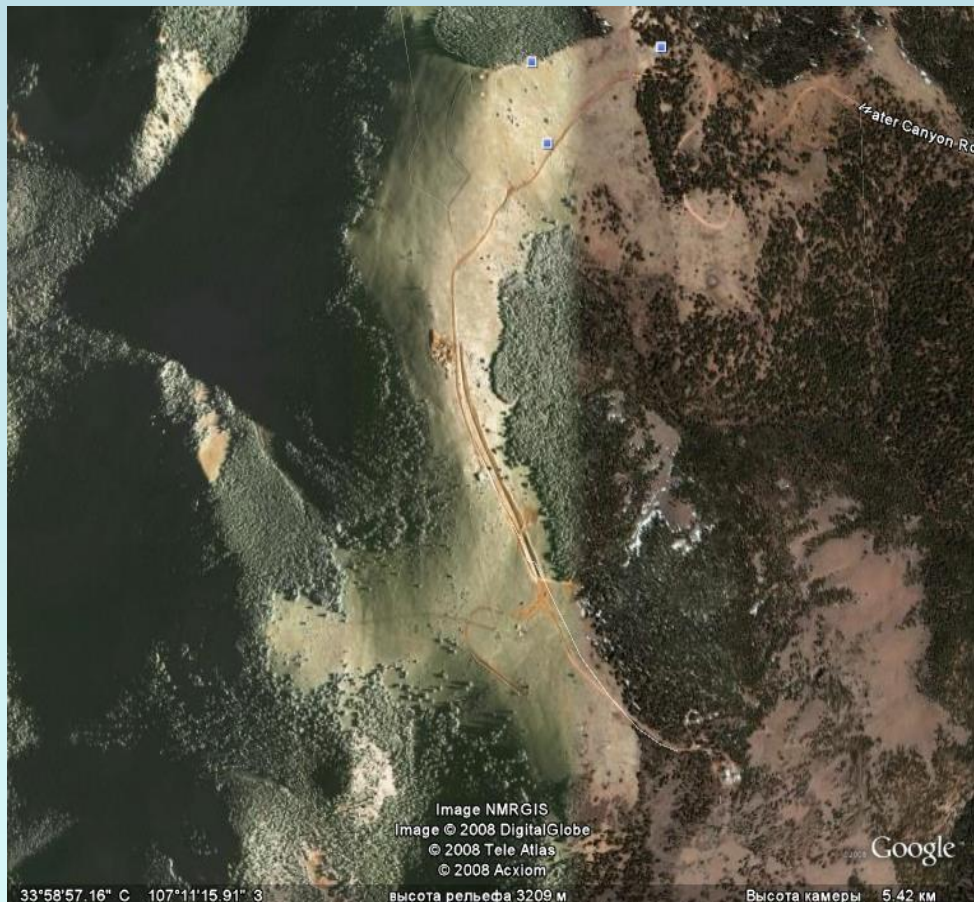
2) $C_2-R_2-L_2-L_1$



Снятие атмосферного заряда с помощью плазменного канала, созданного фемтосекундным филаментом



Управление разрядом молний. Натурный эксперимент



Топографическая карта:

Желтый прямоугольник -
лазерная установка;

треугольник – филаменты;
черные точки – приемники
для регистрации разрядов

Фотография горного массива
South Baldy Peak, 3209 м

Эксперимент в полевых условиях в штате New Mexico (США)



10:50

пятница, 1 апреля



Снятие атмосферного заряда с помощью плазменного канала, созданного фемтосекундным филаментом

Эксперимент в полевых условиях в штате New Mexico (США)

Фазово-модулированные импульсы фемтосекундного тераваттного лазера ($\lambda = 800$ нм, $W = 270$ мДж, $f = 10$ Гц) направлялись в скопление грозовых облаков. Пучок филаментов протяженностью около 100 м зарождался на расстоянии несколько сотен метров от лазерной установки, которая была размещена в горах на высоте 3209 м над уровнем моря.

Результат: зарегистрировано существенное число радиочастотных импульсов, связанных с электрическими процессами в облаках, которые были синхронизованы с лазерными импульсами и образованием филаментов.