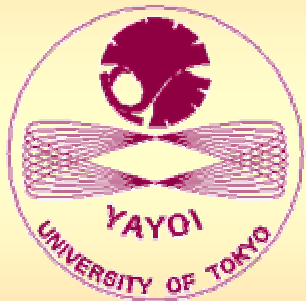


4th Nov. 2004

第2回高周波電子銃研究会、於Spring-8



RFガン応用

放射線化学反応における超高速反応の研究

Application of photocathode RF-gun

- Ultrafast pulse radiolysis study in radiation chemistry -

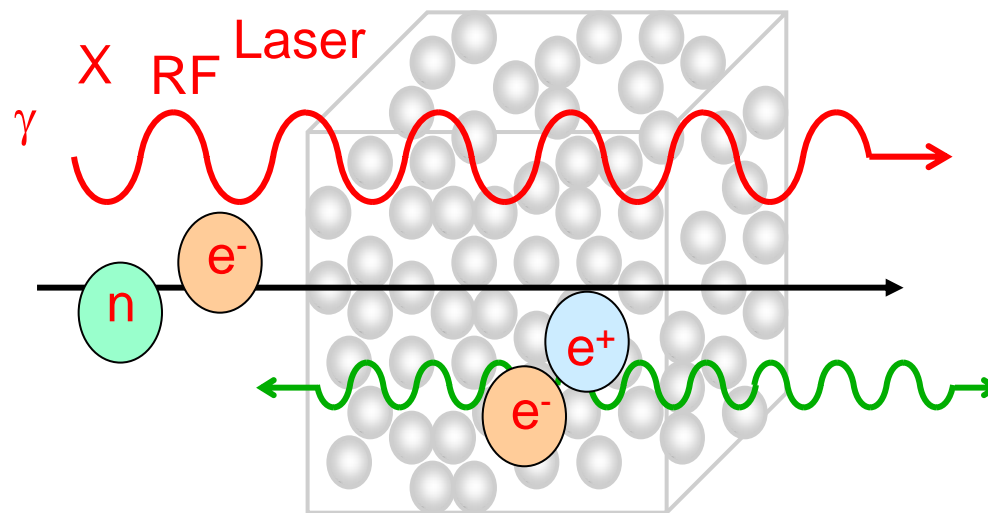
室屋裕佐，林 銘章，作美 明，上田 徹，上坂 充，勝村庸介

東京大学大学院工学系研究科附属原子力工学研究施設

放射線化学

- 放射線と物質の相互作用の解明
- 電子線 $\wedge\wedge\wedge$ 液体
- 超高速現象

高時間分解能の測定装置が必要



How to know what happens inside?

• 高時間分解能の測定手法

- パルスラジオリシス法
- **瞬間的な放射線照射(時間ゼロ)**

現象の開始

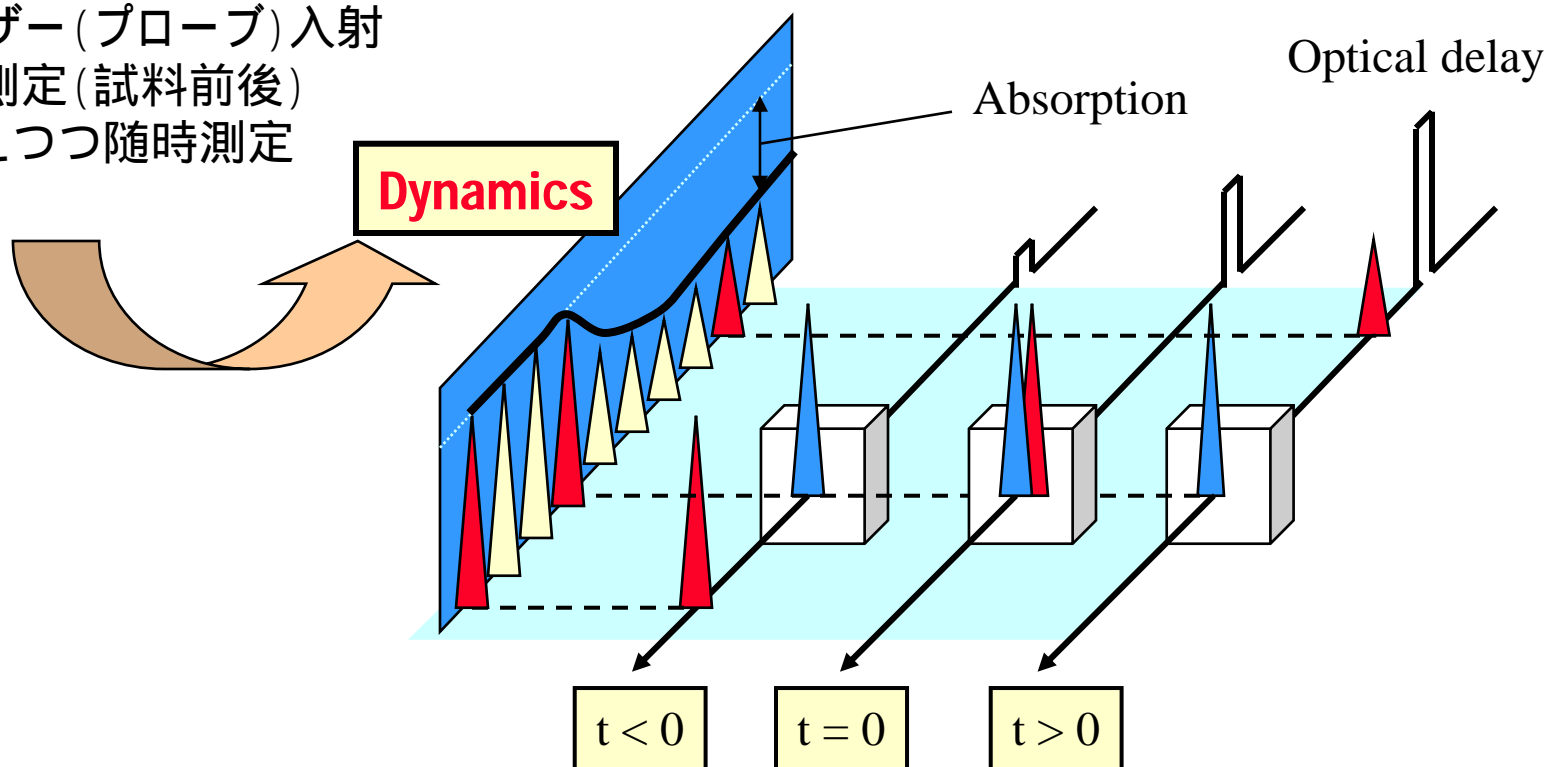
ダイナミクスを吸光分析で追跡

短パルス電子線

フェムト秒レーザー、定常光 etc

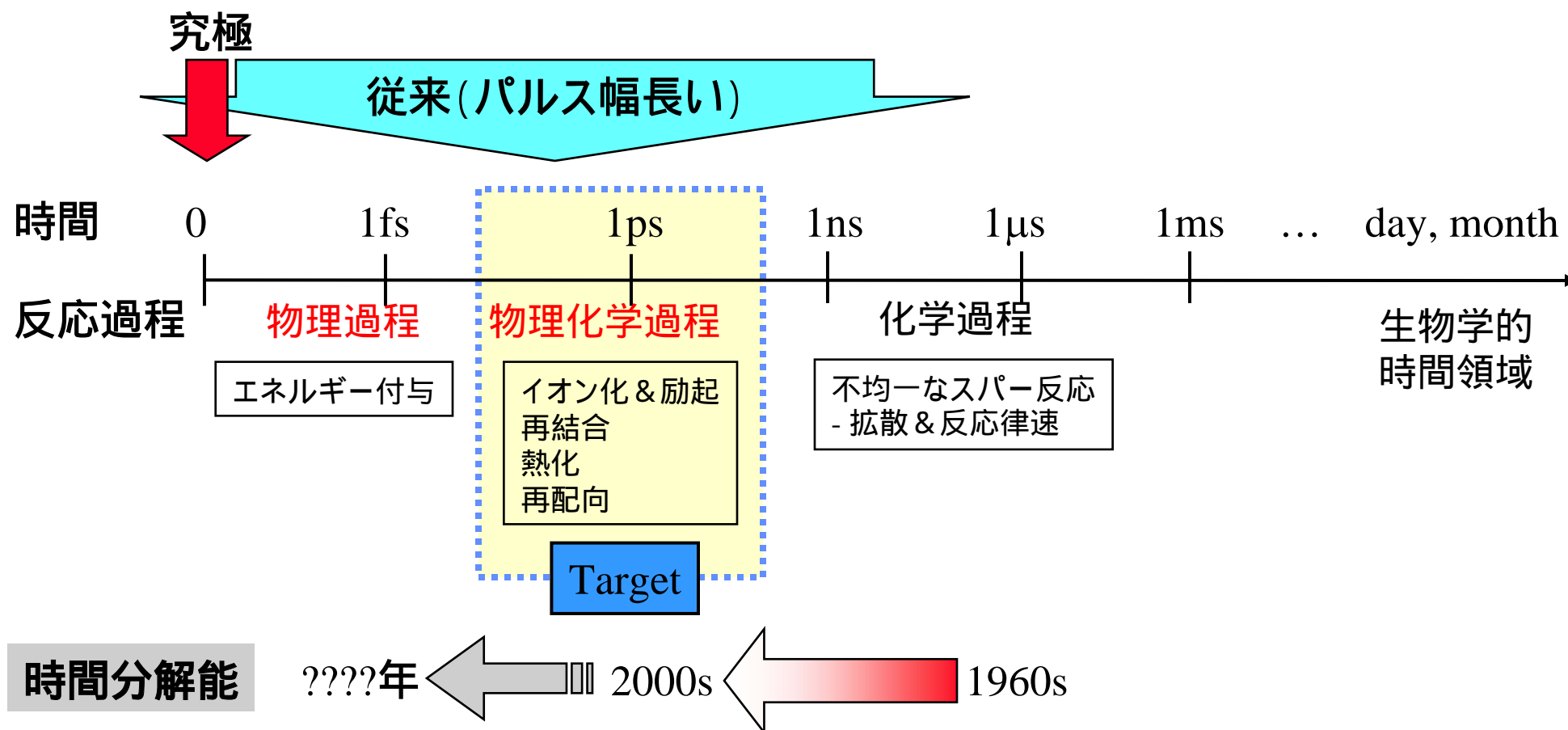
• ポンプ&プローブ法パルスラジオリシス

1. 電子パルス(ポンプ)照射
 - 測定対象物質(光吸収を持つ)が生成
2. フェムト秒レーザー(プローブ)入射
 - 光吸収を測定(試料前後)
3. 光学遅延を加えつつ随時測定



• 超高速現象と極短電子パルス

- 下図: 水の放射線分解
- 現象の重なりをなくす より短パルスが必要



• 高時間分解能パルスラジオリシス法

ポンプ : 極短電子パルス
プローブ : 超短パルス分析光
高精度同期システム

ポンプに求められる性能

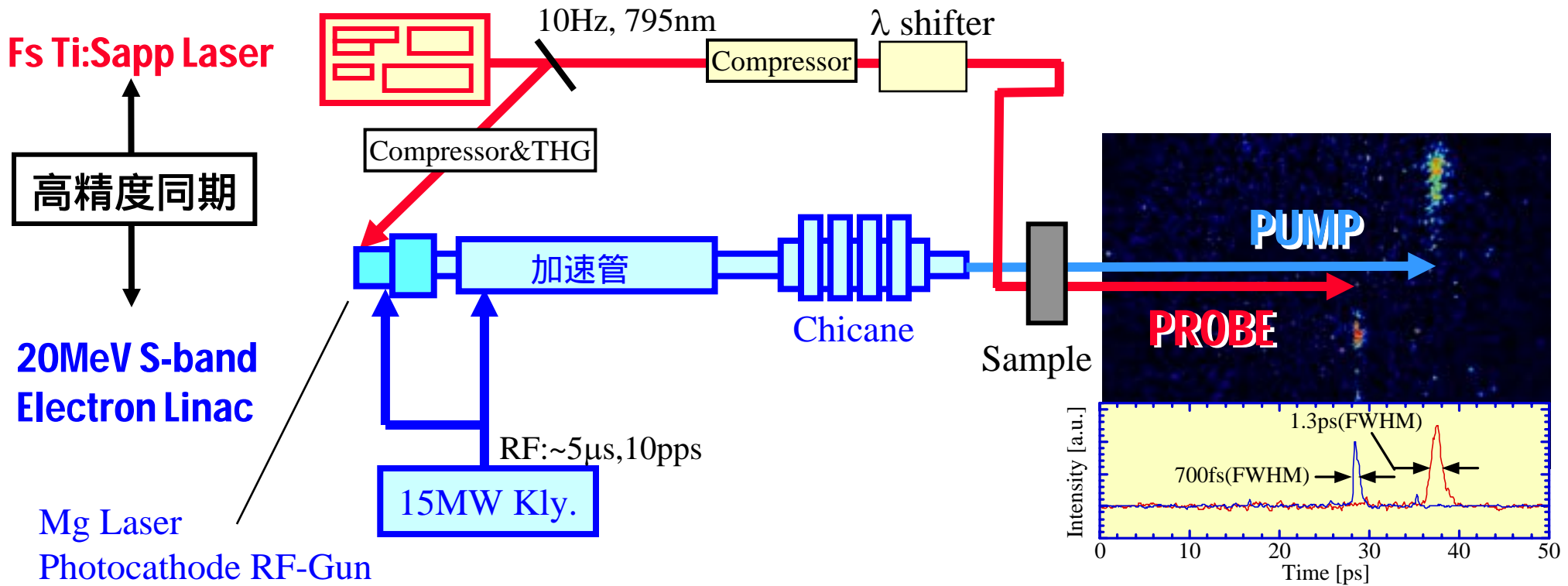
1. 短パルス
2. シングルパルス、低暗電流
3. 大電荷量

プローブに求められる性能

1. 短パルス
2. ポンプと高精度同期可能
3. 波長可変(測定波長)

最適な組み合わせ

フォトカソードRFガン
+
フェムト秒レーザー



Electron beam (pump)

- Laser photoinjector (BNL/KEK/SHI type, Gun IV)
- Chicane-type magnetic compressor : 7ps ~ps

Analyzing light (probe) :

- 0.3TW fs laser

Precise synchronization

- 15MW klystron & Kerr-lens mode-locker

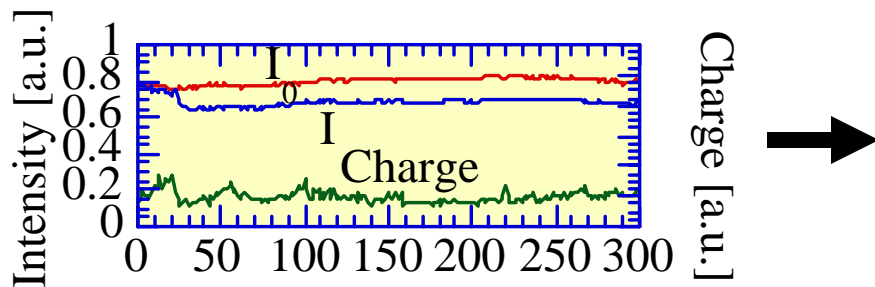
Preliminary Pulse Radiolysis

Condition

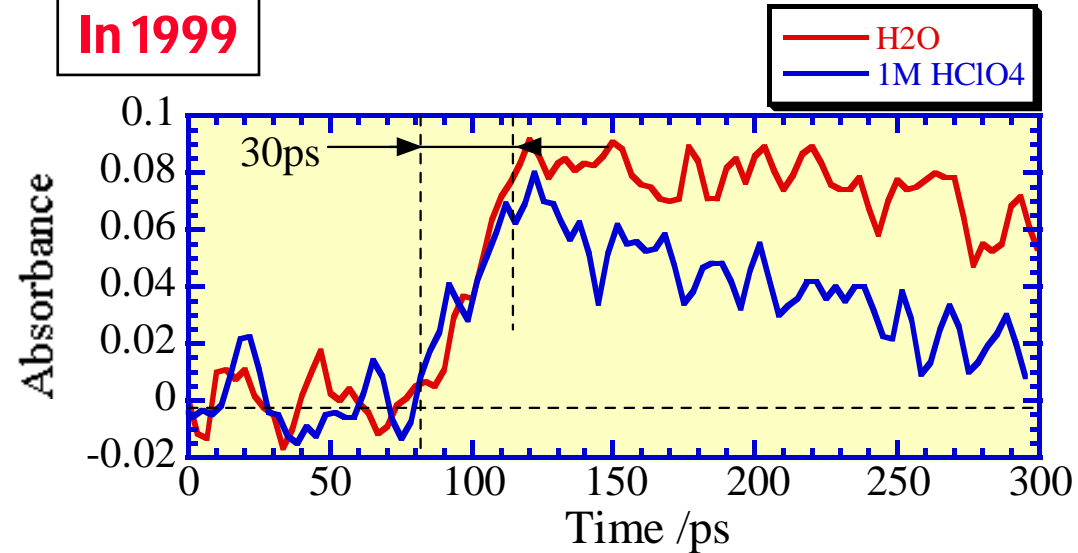
	H ₂ O&1M H ⁺	H ₂ O
// mm	20 mm	5 mm
Charge	0.8-1.0nC	0.8-1.0nC
Beam size	4mm	4mm
Pulse width	7ps	3ps
Wavelength	795nm	
Average	64	16
Time resol.	30ps	9ps

Results

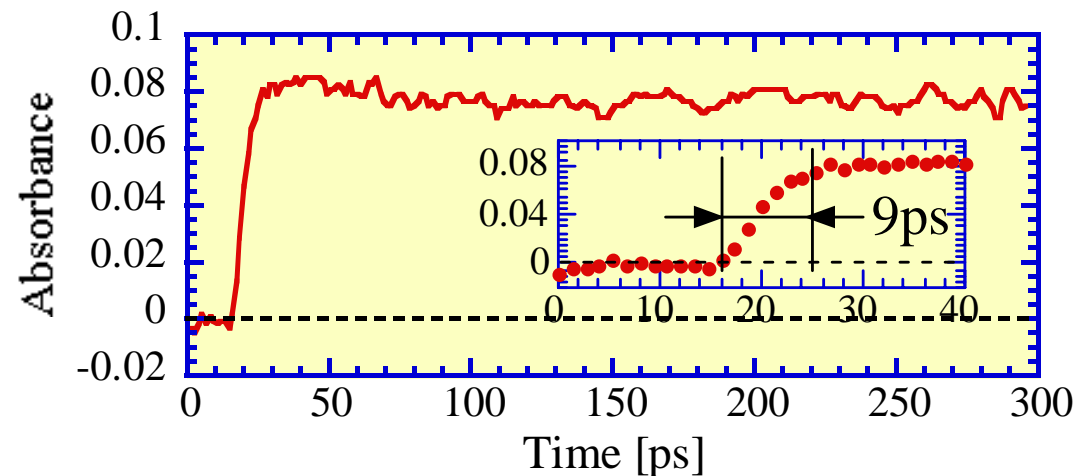
- O.D. still low



In 1999



In 2002



Important factors

- (1) <3ps : pulse width (EB)
- (2) 100fs : pulse width (laser)
- (3) <1ps : synch.
- (4) 5ps /5mm : Δt in H_2O Thinner cell OD High-charge&focused EB

電荷量改善

Sections in linac	Photo-cathode	ACC	Chicane	Linac end (no slit)	Linac end (3mm slit)
Charge /nC	2.5	2.5	2.4	2.3	1.7~2.0 nC/pulse
Dark current /nC	~0.8	~0.2	~0.05	~0.05	~0.05 nC/pulse
Pulse width /ps	7			<1	2ps(FWHM)
Energy /MeV	4~5		22 ± 0.1MeV		

	Previous	Current
Charge	0.8~1.0nC	1.7~2.0nC
Beam size	4mm	3mm
Dose	13~15Gy	>40Gy/pulse
Pulse width	3ps	2ps

- Time behaviors of e_{aq}^- at 700nm

実験結果

l /mm	10	5	2	1
O.D.	0.32	0.19	0.08	0.04
S/N	15	10	5	3
Dose	40Gy	47Gy	50Gy	50Gy
Time resol. /ps	12-13ps	6-7ps	4-5ps	<4ps

Good agreement

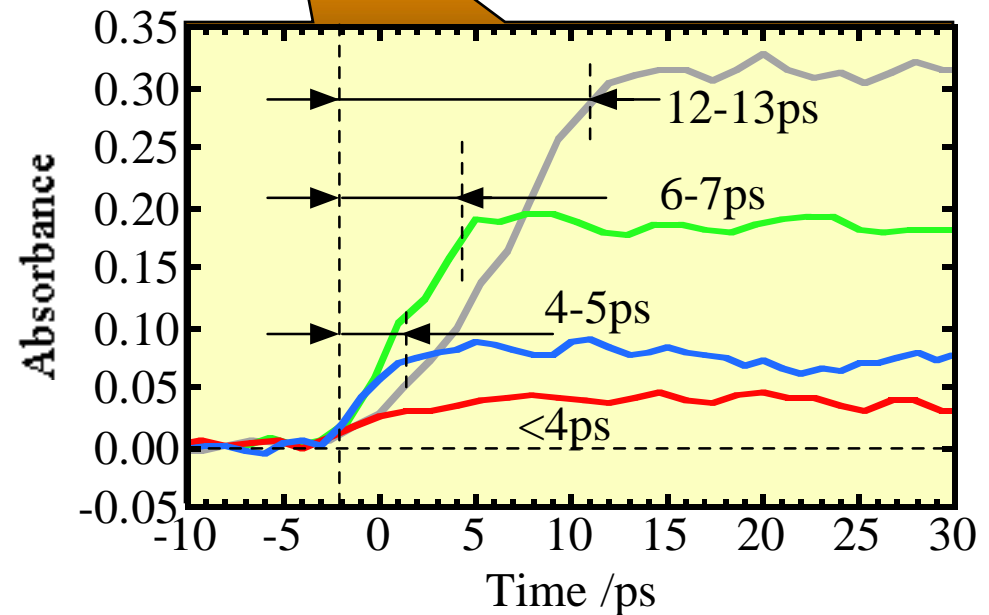
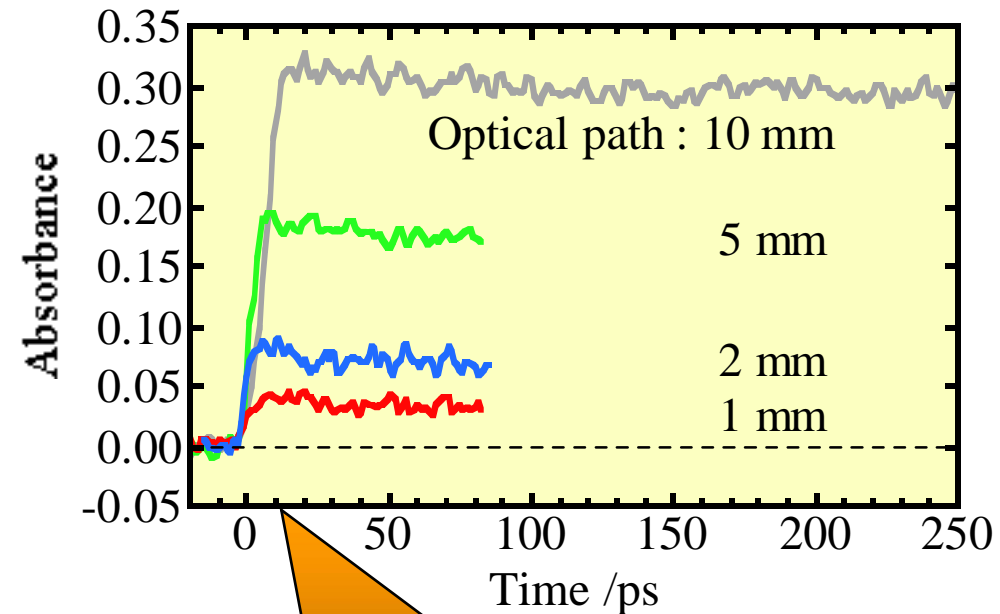
Time resol. /ps	12.2ps	7.2ps	5.2ps	3.2ps
-----------------	--------	-------	-------	-------

Time resolution: δ_{total}

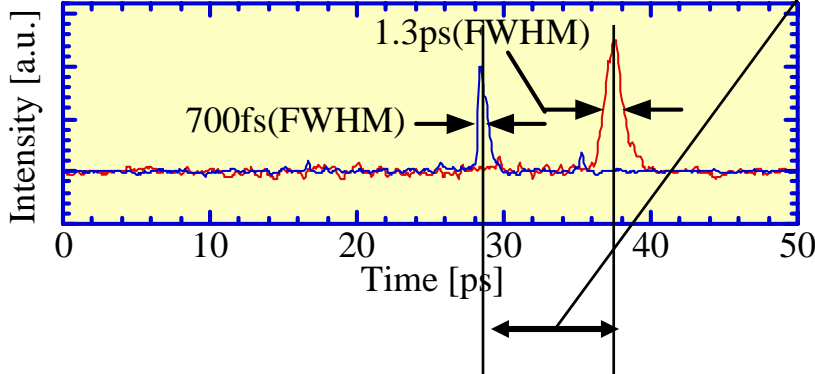
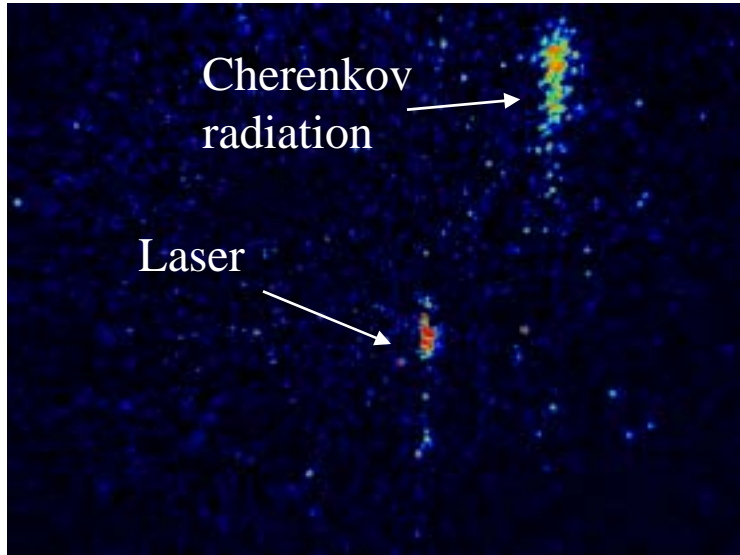
$$\delta_{total} \approx \delta_{diff} + (\delta_E^2 + \delta_L^2 + \delta_{sync}^2)^{1/2}$$

Dominant factor: δ_{diff}

due to refractive index $n=1.33$

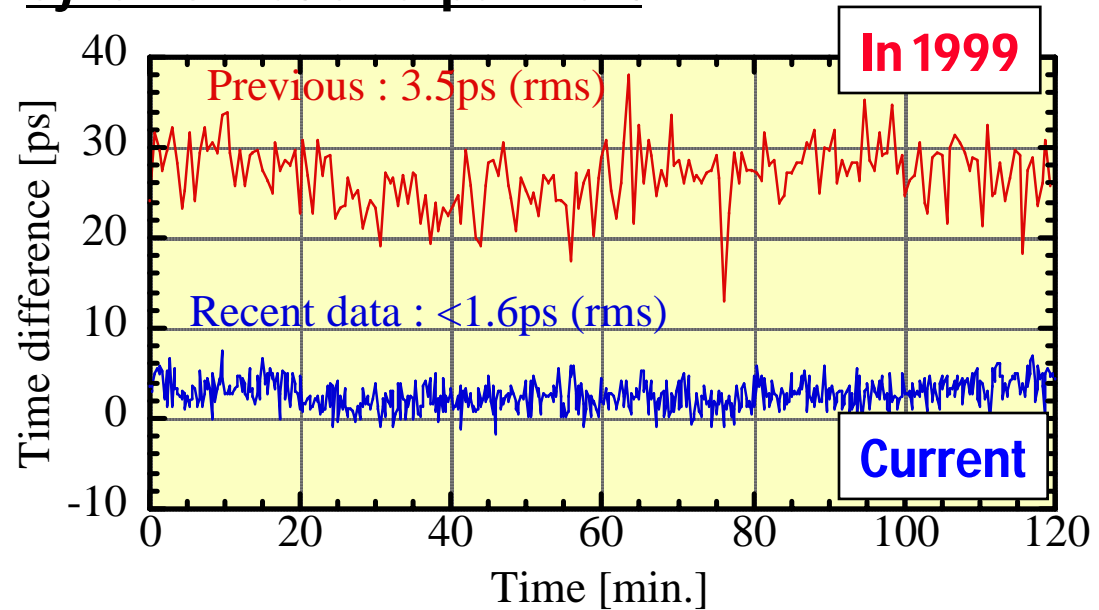


Synchronization of electron beam and laser by FESCA



- Xe chamber used for Cherenkov radiator

Synchronization experiment



- Timing jitter during minutes: $<500\text{fs}(\text{rms})$
 - Stabilized RFs, passive mode-lock
 - Simulation by PARMERA : $330\text{fs}(\text{rms})$
- Large drift
 - (1) Cooling system in ACC: $\Delta T < 0.01\text{K}$
 - (2) Temp. control in rooms: $\Delta T < 0.5\text{K}$
 - (3) N_2 purge in 50m transport line
- Pulse radiolysis : 40~60min./data $\rightarrow <1\text{ps}(\text{rms})$

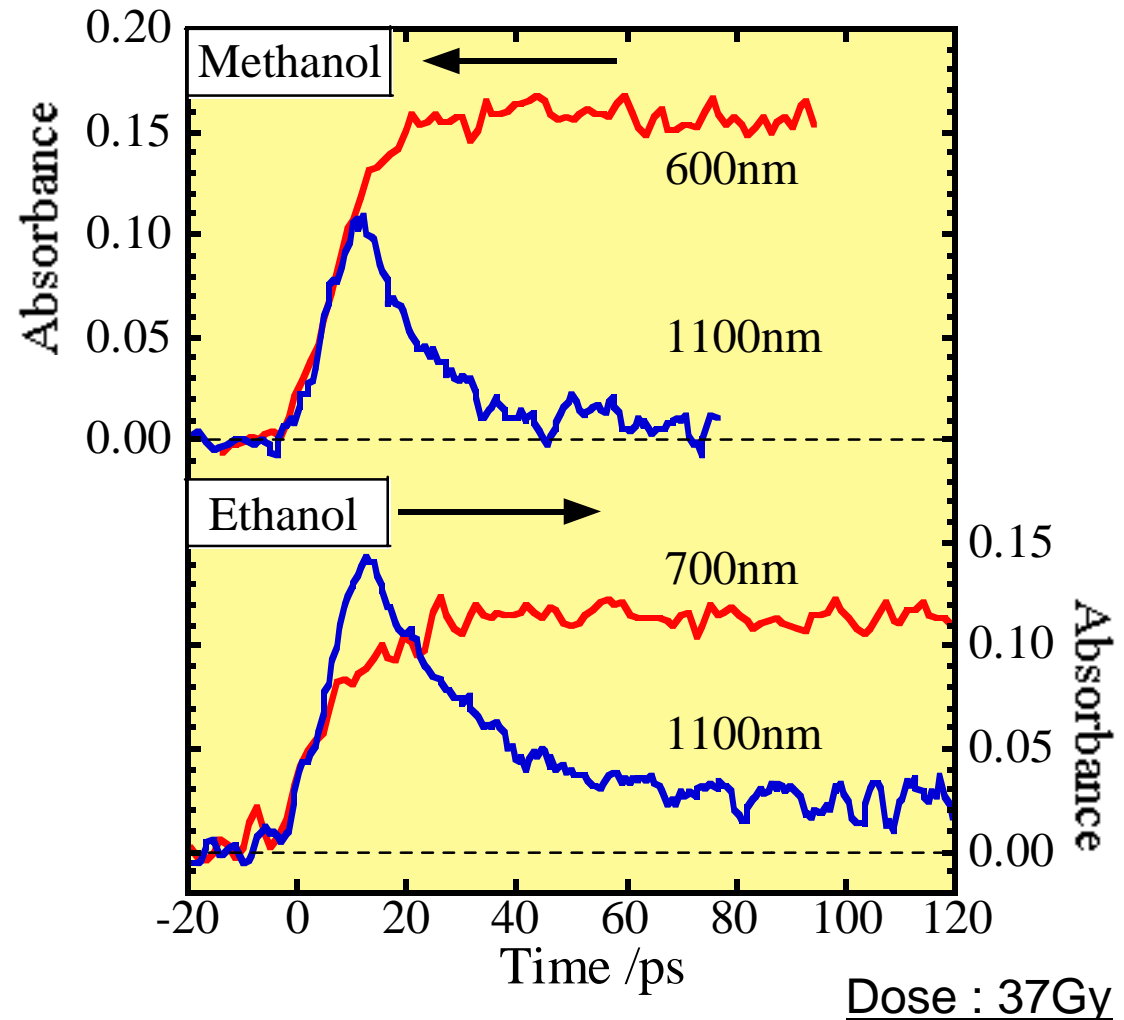
- 初期G(e_{sol}^-)測定: 可視 & 近赤外

G値の算出法

- 純水測定 @ 700nm
- 線量計算 (含密度補正)
- アルコール測定 @ λ_{max}

実験条件

Sample	Methanol	Ethanol
Wavelength	600 nm 1100 nm	700 nm 1100 nm
l / mm	10 mm	
Average	64	



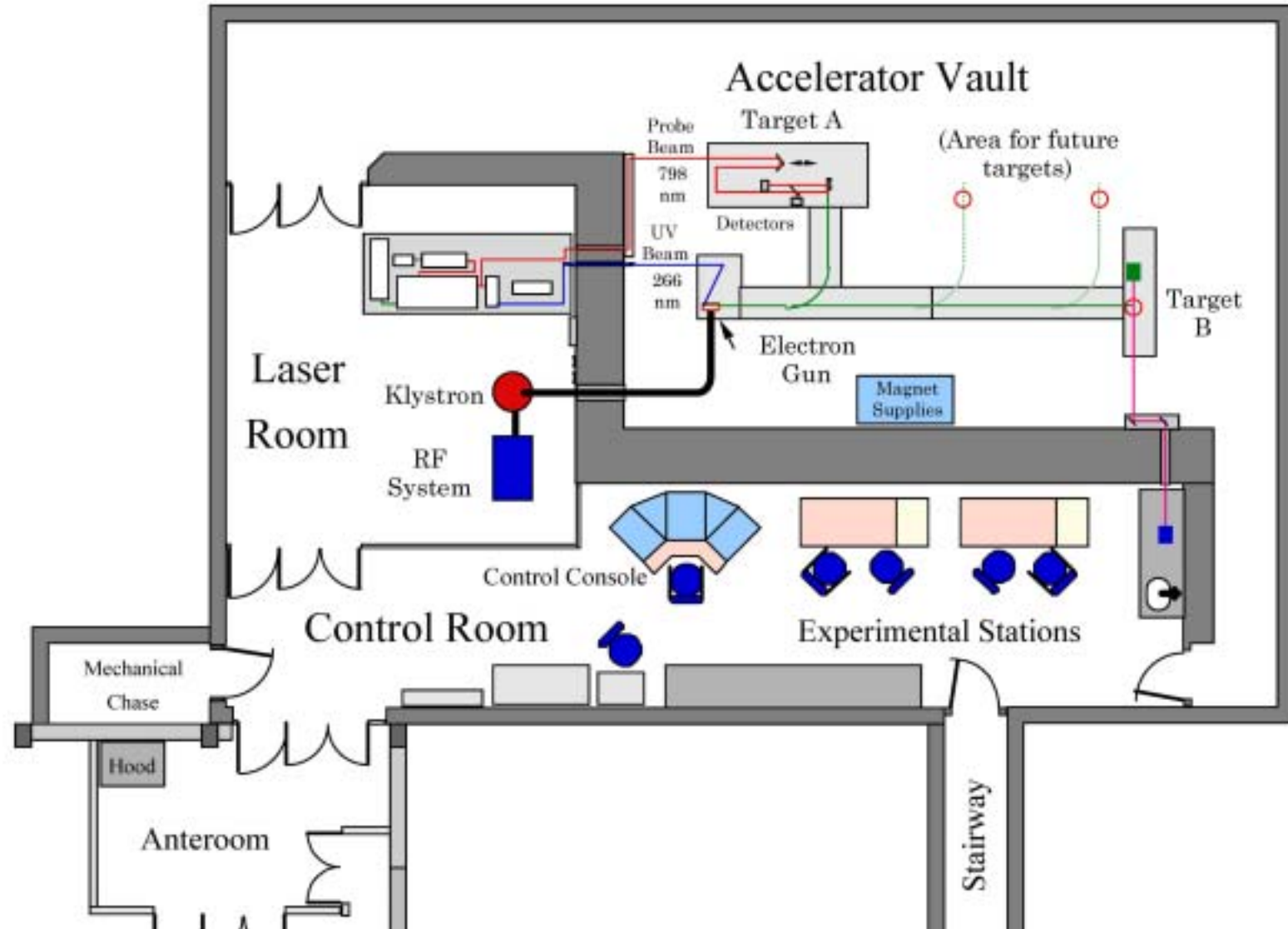
G(MeOH) = 4.1 @ 50ps
G(EtOH) = 3.6 @ 50ps

Project:
BNL, Orsay, Osaka, Waseda, Pune, CAS etc.

Informal meeting at BNL, 26th Jun. 2004,
<http://www.chem.bnl.gov/SciandTech/PRC/ultrafastaccel.html>



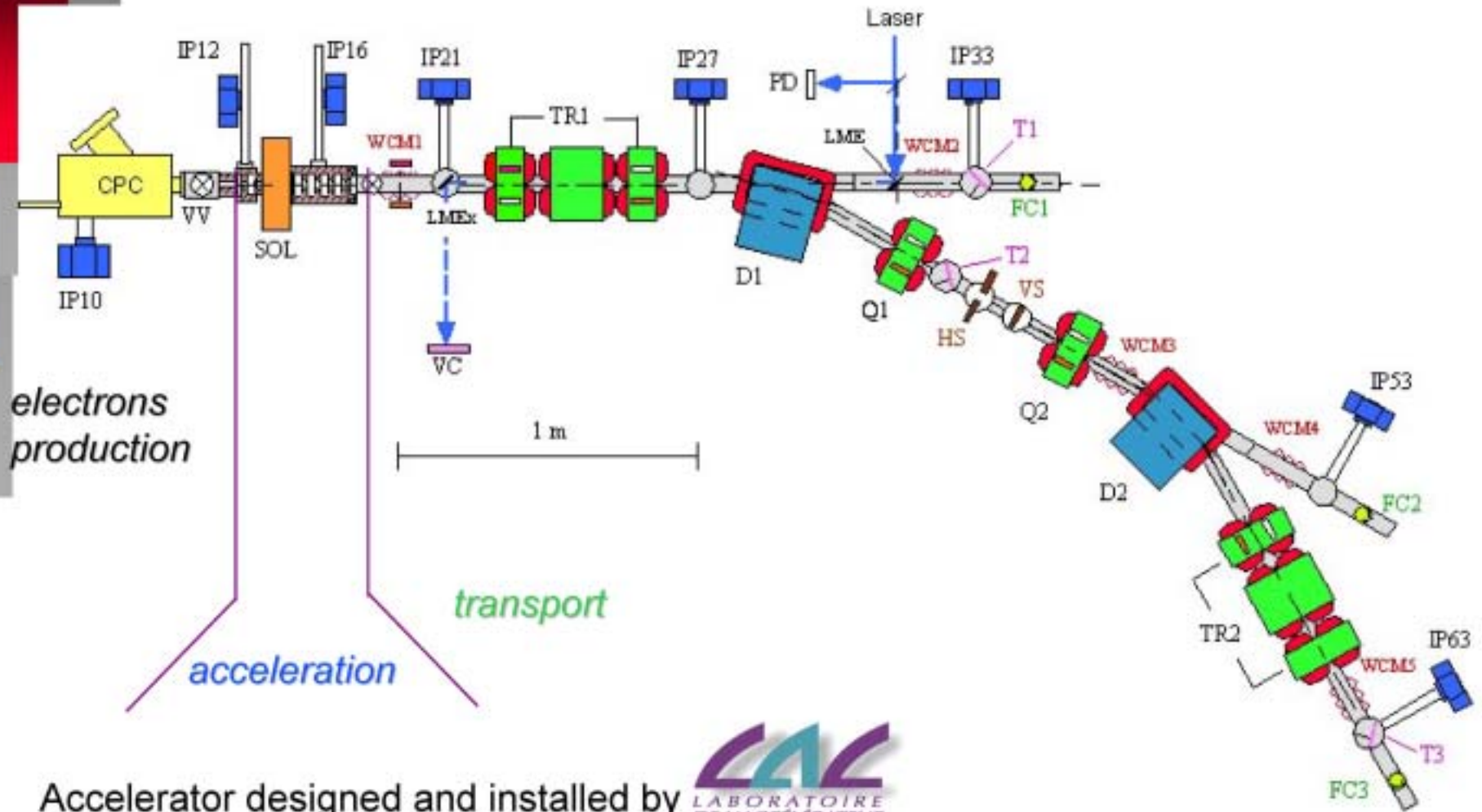
LEAF Facility Layout



Orsay

Informal meeting at BNL, 26th Jun. 2004,
<http://www.chem.bnl.gov/SciandTech/PRC/ultrafastaccel.html>

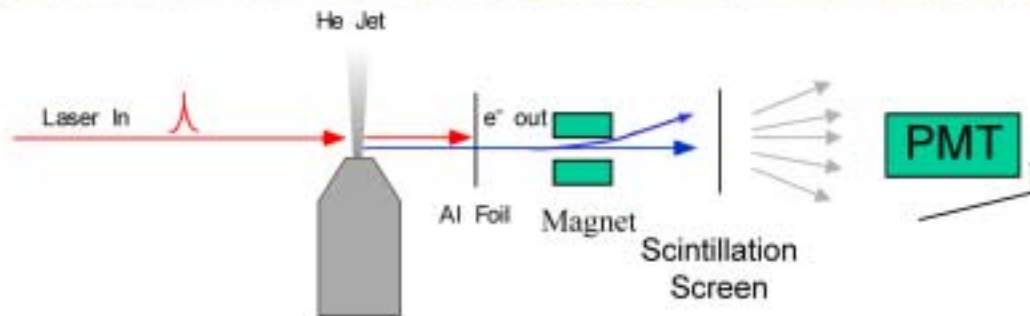
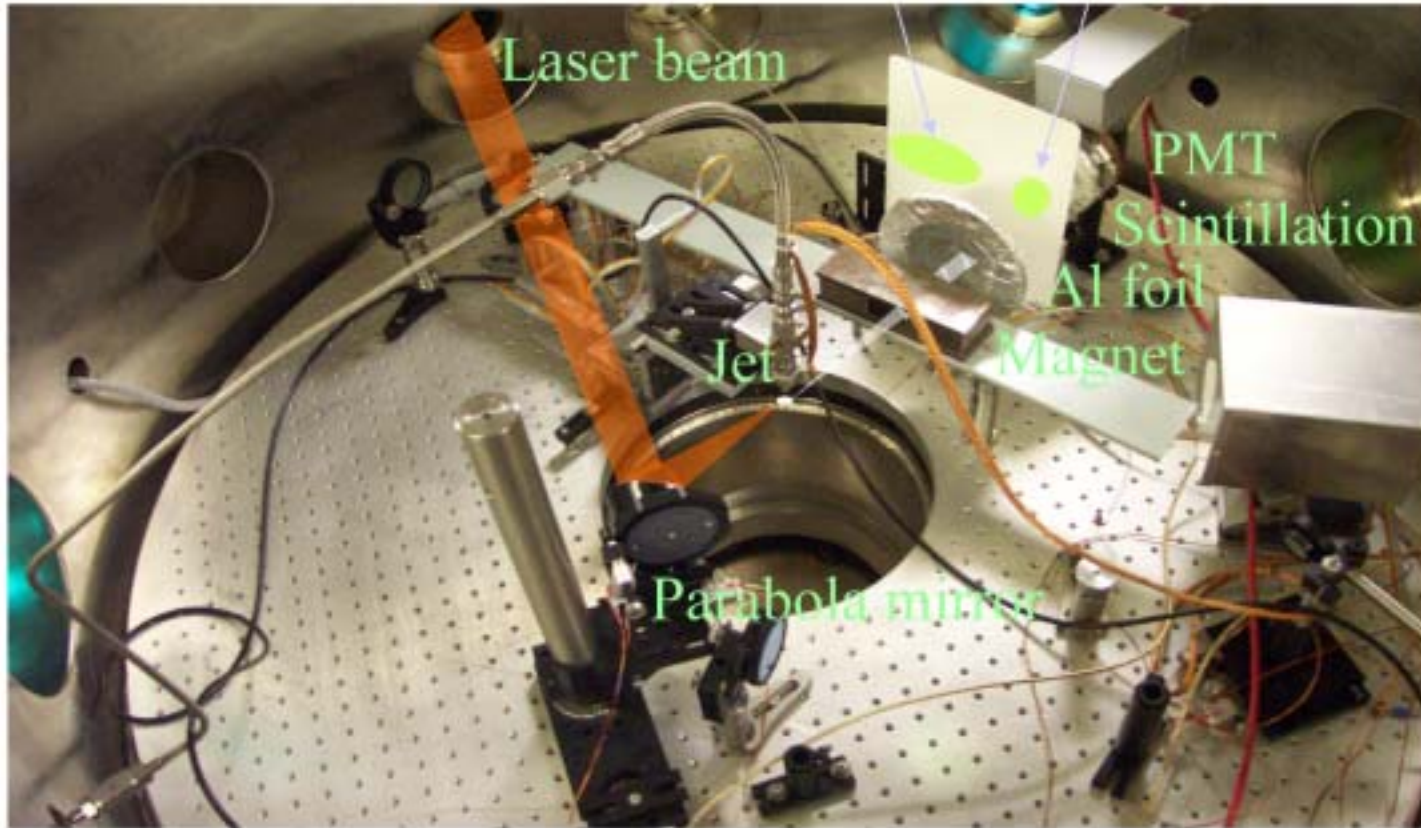
Accelerator layout

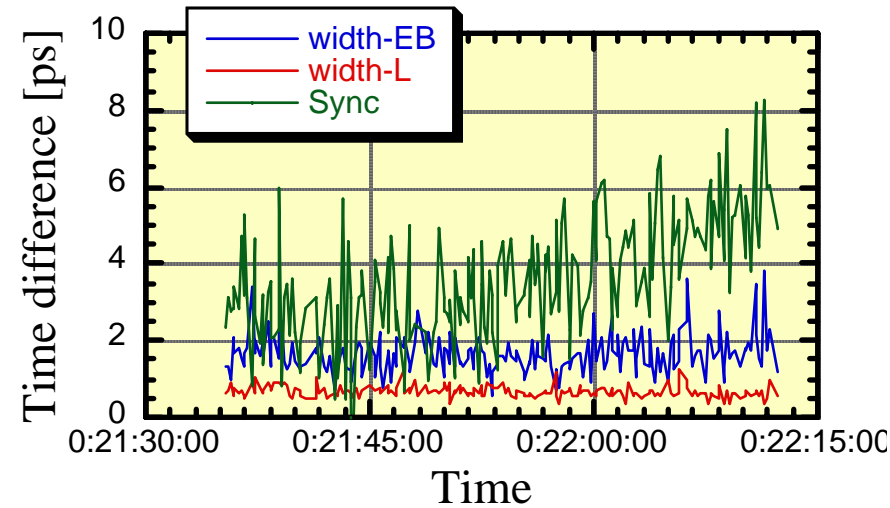
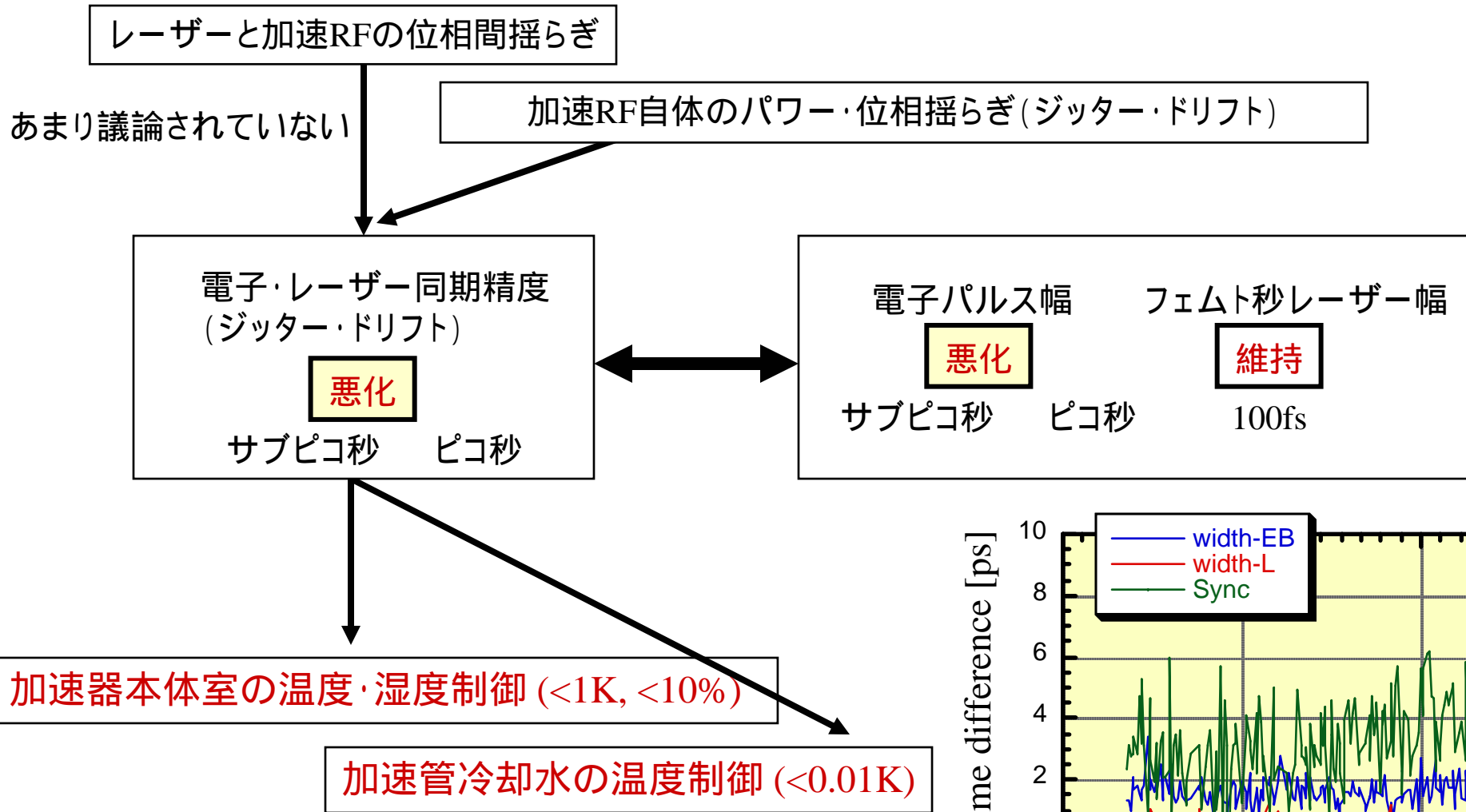


Accelerator designed and installed by



Laser Generation of Electron Pulses





- 同期ジッター・ドリフトの低減
- 電子パルス幅の安定化

&

- 大電荷量
- 短パルス
- フォーカス

- フォトカソードRF電子銃とフェムト秒白色光を組み合わせたパルスラジオリシス装置がほぼ完成した。いくつかの問題は残る。
- 純水系では、 $<5\text{ps}$ の時間分解能が達成された。
- 水和電子の初期G値を基に、いくつかのアルコール溶媒和電子の初期G値を評価した。
- 今後の予定
OPA導入による、Pre-solvated電子の赤外領域における詳細な測定