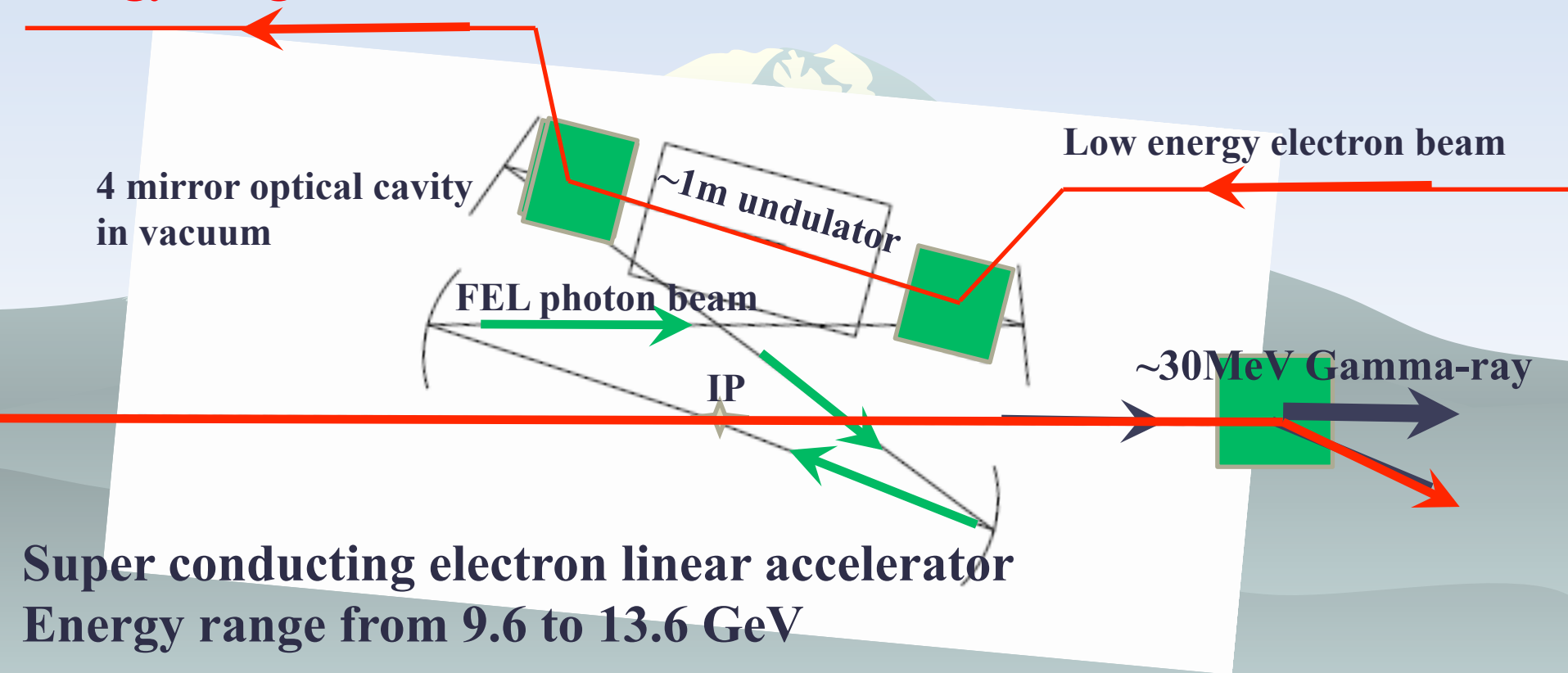


10月以降の進展および技術検討・調査

産業総合研究所、2014.12.24

KEK, Junji Urakawa

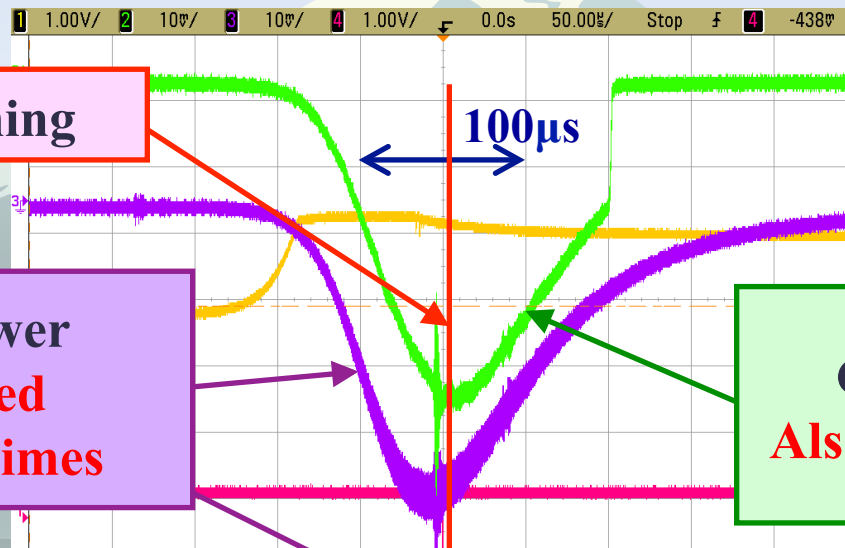
Super conducting electron linear accelerator for FEL
We assume super radiant mode to generate photon beam.
Energy range from 10 to 20 MeV



Burst mode system

In NC linac, we do NOT need high average power laser, but need high peak power and high rep. only in electron timing. > burst mode

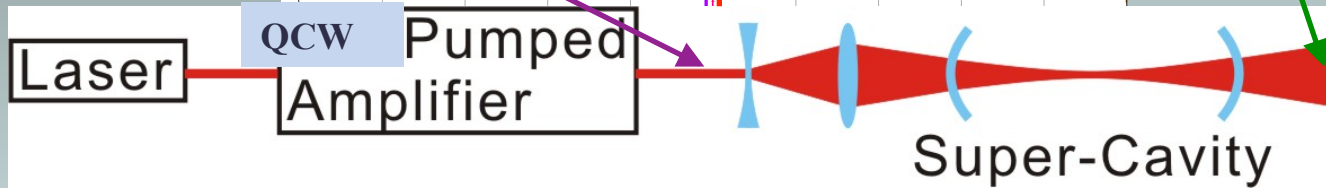
First test of burst mode enhancement cavity.



e- pulse train timing

Input laser power
**Burst amplified
more than 1000times**

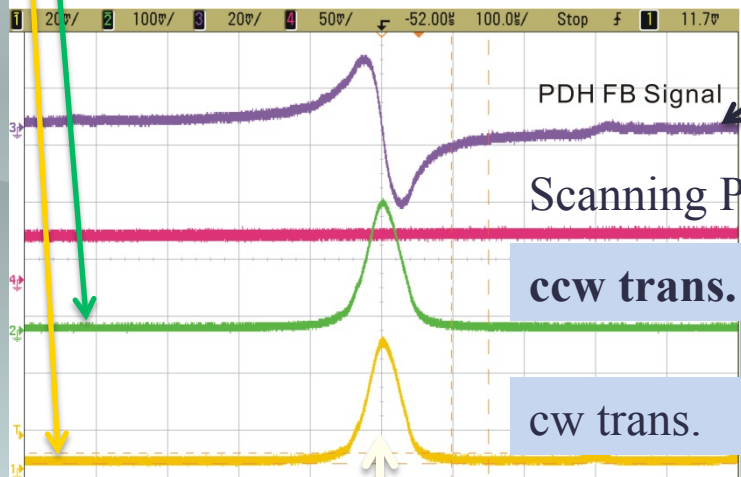
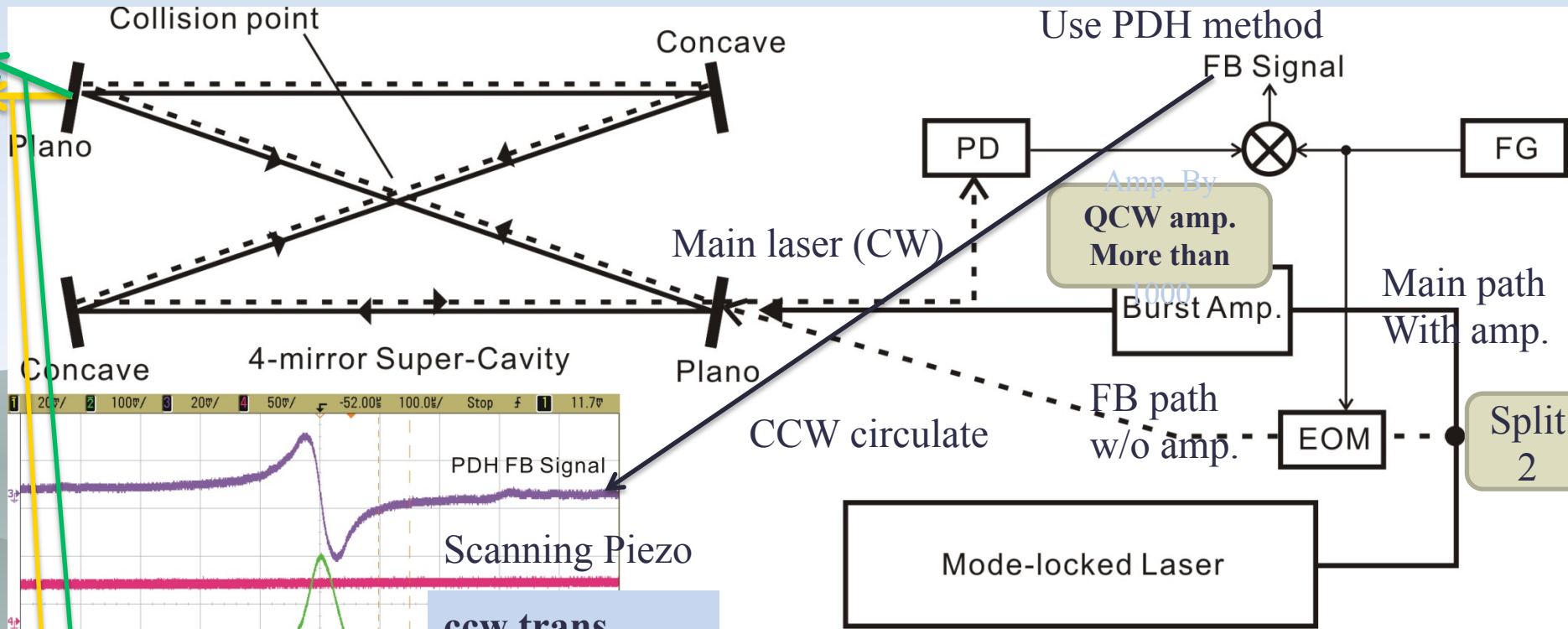
Cavity transmittance
Also amplified on e- timing



How to stabilize

R. W. P. Drever et al.,
Appl. Phys. B, 1(1983)97.

Use PDH method



1000 times higher peak power can be achieved on electron beam timing, which is stabilized by reverse path in the optical cavity.

Main and rev. path resonate on same cavity length

Current Specifications

Current specification of our burst mode enhancement cavity

Wavelength	Pulse duration	Burst width	Burst rep.	Burst gain
1064 nm	12 ps fwhm	100 us fwhm*	3.13 Hz	600**

Size at IP	Size on mirror	Stored power	Pulse pk power	Pk pwr on mirr
80 um rms	1mm rms	250 kW peak	70 MW	~10 GW/cm ²

* Recently we tested the burst mode with Pockels cell.

>Pick the required pulses by PC and collect the optical power in the electron beam timing.

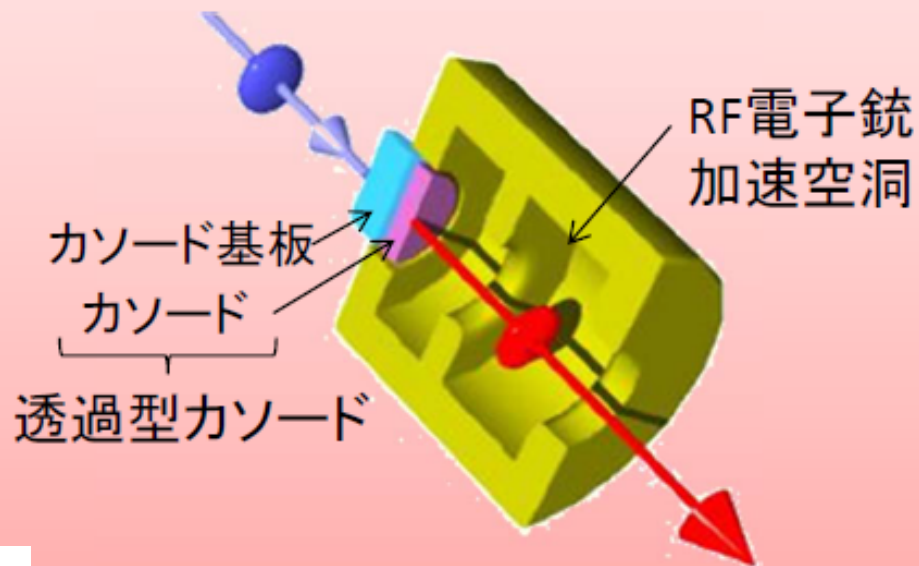
We succeeded in improve the burst gain with burst width of 10 us.

10 us is enough for NC linac electron bunch structure.

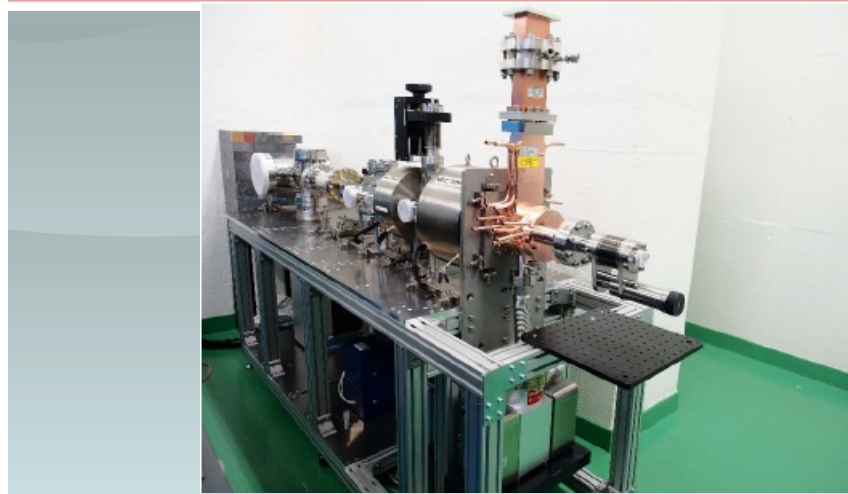
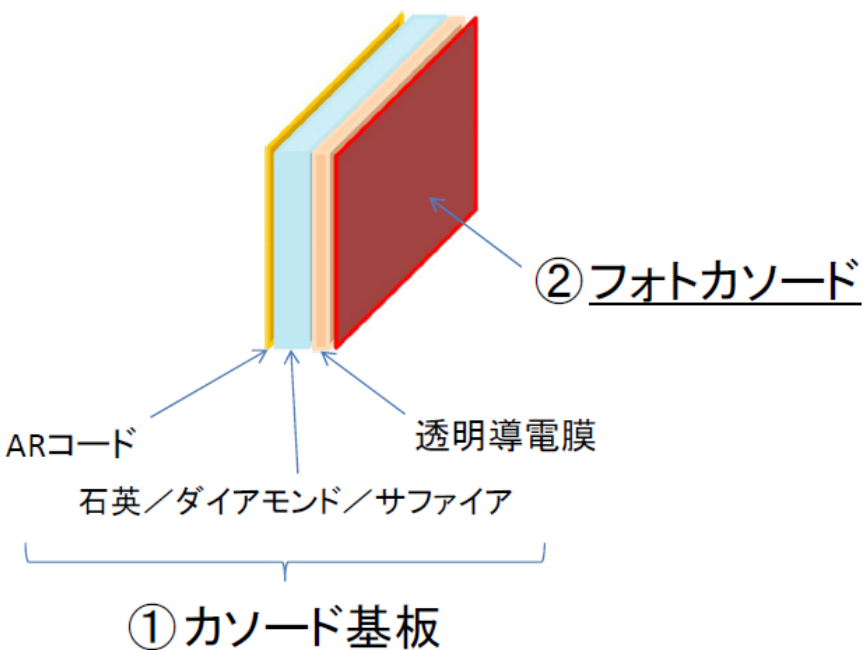
** For burst amplifier, we are using rod type LD pump amplifier module produced by Cutting Edge Optics/Northrop Grumman.

透過型フォトカソード
RF電子銃

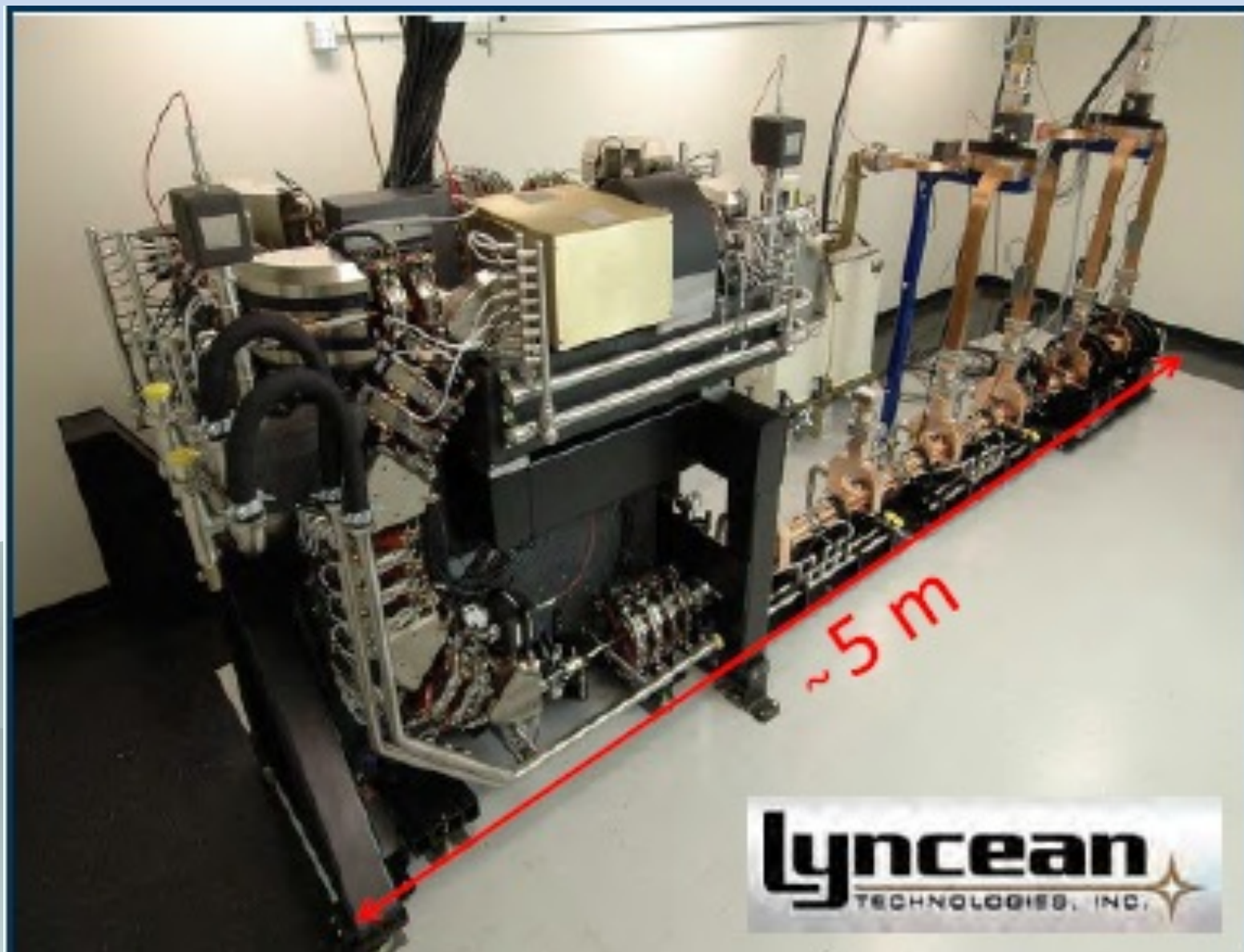
レーザー光パルス



低エミッタンス
短パルス電子ビーム



MPQ訪問報告



The Munich Compact Light Source

Towards Microbeam Radiation Therapy with a compact synchrotron

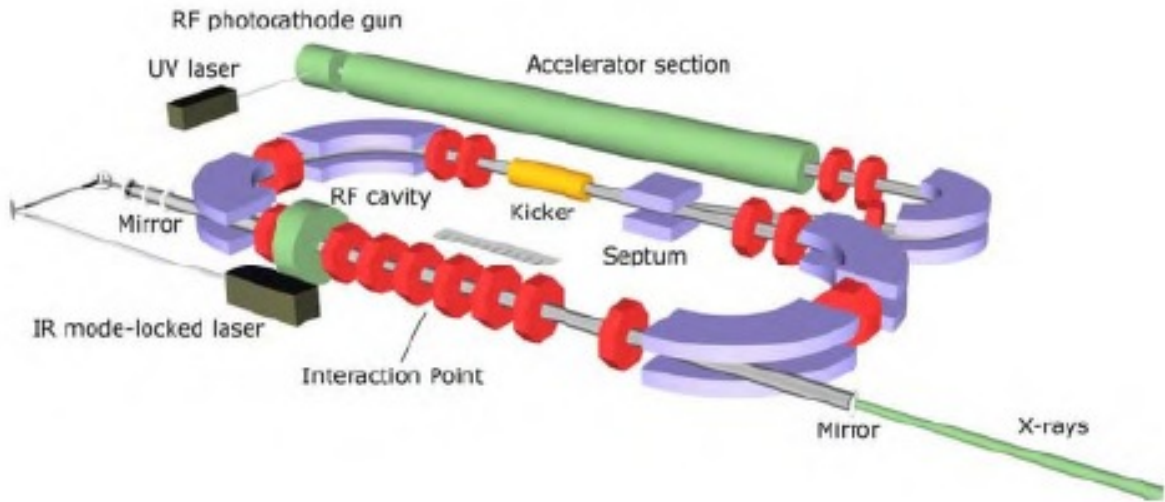
MRT towards clinical application

Microbeam X-ray Radiation Therapy (MRT) has attracted increasing attention over the last two decades offering a higher therapeutic effect than conventional broadbeam therapy [1].

As **this future cancer treatment technique** requires high flux and a small source size, MRT has mainly been studied using highly brilliant radiation produced at large synchrotron facilities [2,3].

A laser-driven compact synchrotron based on inverse Compton scattering promises to deliver reasonably high flux with **quasi-monochromaticity, suitable for x-ray imaging** but as well for Microbeam Radiation Therapy.

Delivered by **Lyncean Technologies**, the Munich Compact Light Source (MuCLS) is expected to be installed at the Institute for Medical Engineering of the TU Munich, Garching, Germany in 2014.



Electron energy:
20-44 MeV

Laser wavelength:
1064 nm (Nd:YVO4)

In bunches charged with **0.6 nC**, the electrons generate a current of **40 mA** in the storage ring. Their release is synchronized with the laser pulse. Upon collision, X-rays are generated slightly deflected from the electron path and transmitted through a wavelength-selective mirror.

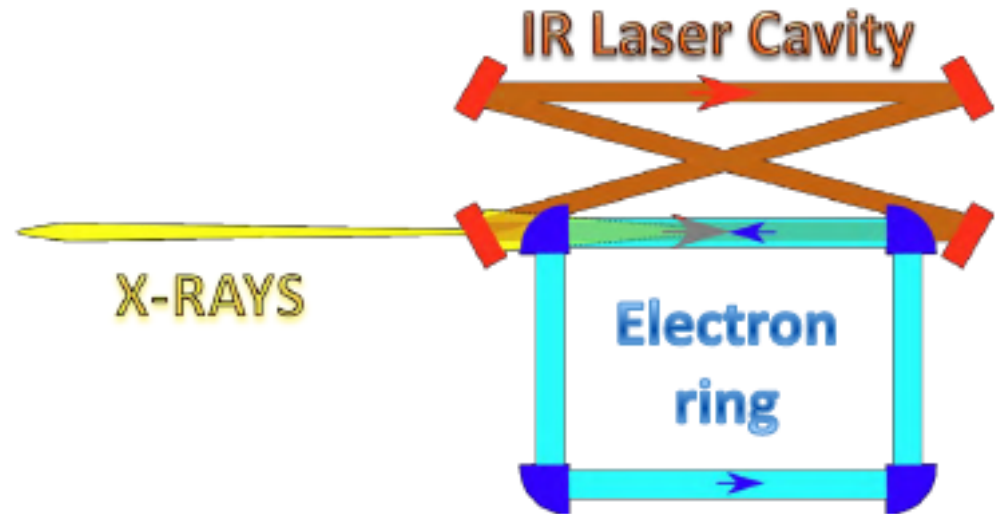


Fig. 4: Inverse Compton Scattering by head-on collisions of infrared laser light with MeV electrons at a repetition rate of 65 MHz.

Inverse Compton Scattering describes the **energy transfer** of a **high-energy electron** onto a **low-energy photon** upon collision. In contrast to an undulator, lower energy electron beams are sufficient as the magnetostatic field is replaced by the electromagnetic field of a laser pulse corresponding to a shorter undulator period. Hence, the size of the electron ring can be reduced significantly.

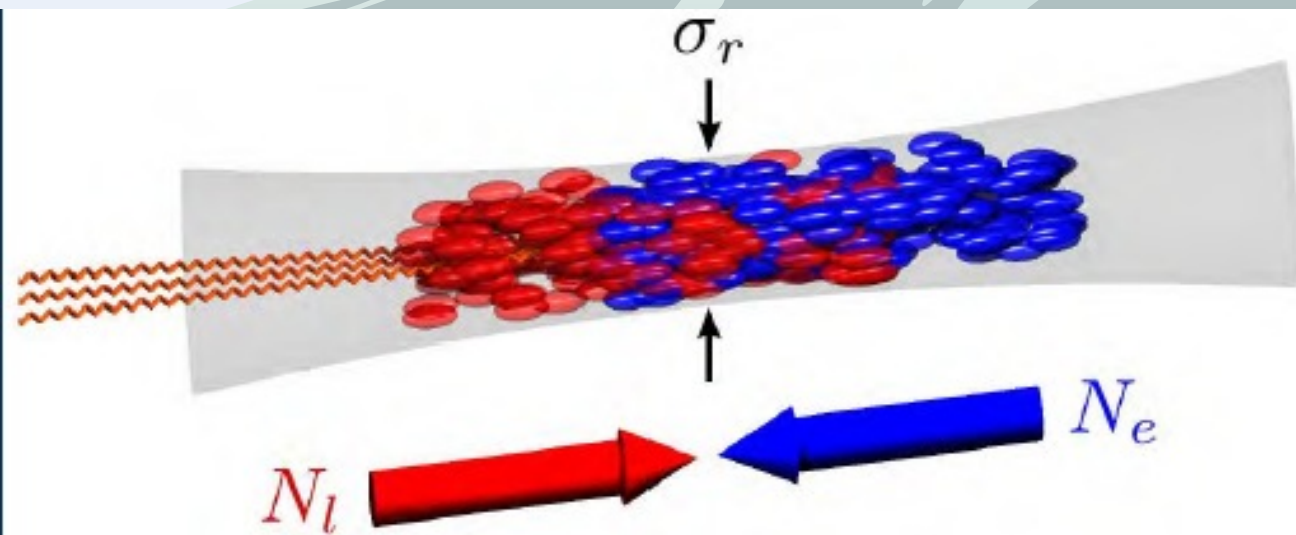


Fig. 2: The counter-propagating laser photons N_l and the electron N_e are focused to an approximately matched beam waist σ_r . (Adopted from [4].)

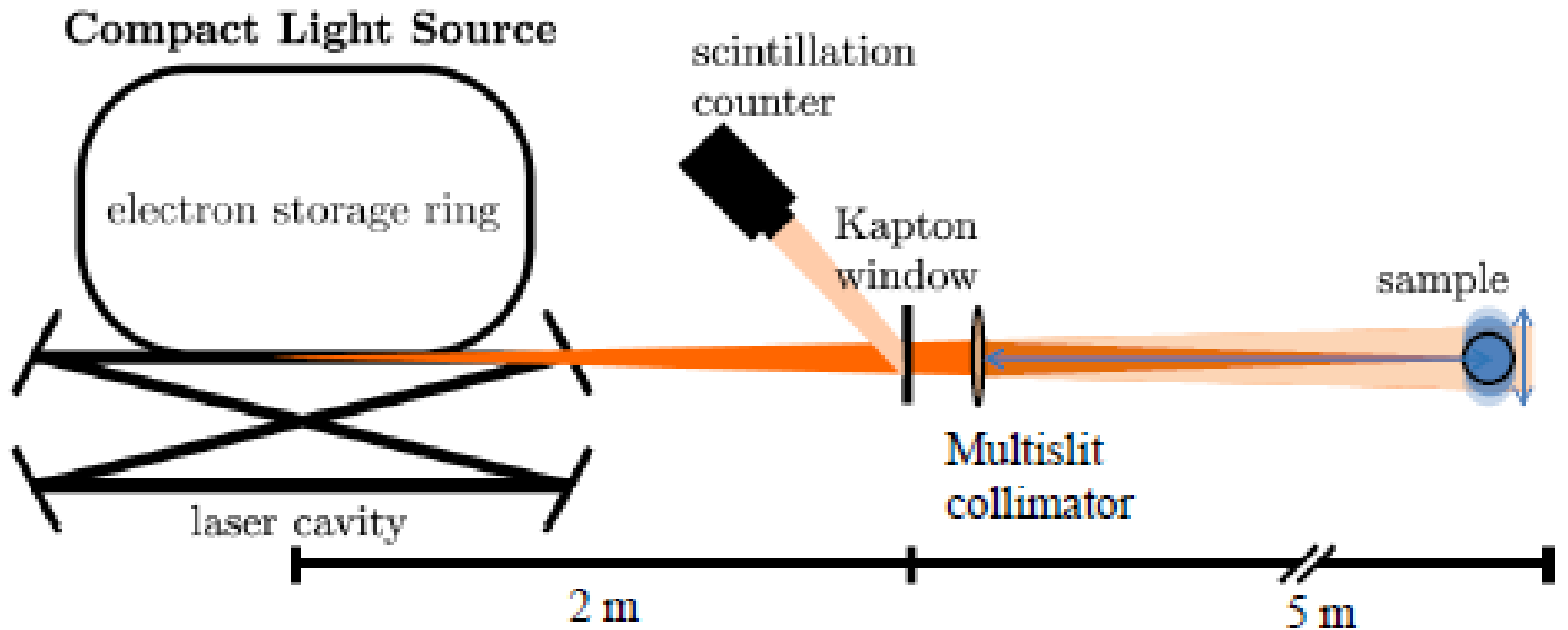


Fig. 3: MRT experiments are expected to be performed at source-sample distances $> 3\text{m}$.

Faster skin regeneration [5] and increased tumoricidal effect with higher tolerance of normal tissue [2,6] have been reported for MRT compared to conventional broadbeam Therapy. The ongoing biological processes have not yet been fully clarified. As an additional Research tool, the MuCLS will contribute to the understanding and improvement of MRT.

Expected performance of the MuCLS for 2014

Repetition rate	65 MHz
Source size	45 x 45 μm^2
Cone angle	4 mrad
Energy range	15-35 keV
Bandwidth	3 %
Brilliance ¹	1×10^{10}
Flux	$0.5 * 10^{11} \text{ ph s}^{-1}$

¹ in units of $\text{ph s}^{-1} \text{ mrad}^{-2} \text{ mm}^{-2}$ per 0.1 % bandwidth

Data partly from [4].

The possibility to perform MRT at a laboratory-sized synchrotron source opens this promising method of cancer treatment to clinical application.

Sufficiently high brilliance is the main issue in order to apply MRT within a reasonable time frame. With the Munich Compact Light Source, based on inverse Compton scattering, we would like to study the feasibility of MRT in the laboratory.

So far, the energy range is restricted to up to 35 keV, which will limit the sample size. However, MRT results obtained with the afore-mentioned parameters can contribute, among others, to the still lacking understanding of the biological effect of MRT.

cERL運転予定

- 放射線申請 20MeV, 10 μ A \rightarrow 100 μ A
- 2015/2/12-13 施設完成検査を予定
- その後、レーザーコンプトン実験へ

cERLスケジュール2015年2月

2015年 2月

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1 空洞4K	2	3	4	5	6	7 空洞4K
8 空洞4K	9	10	11 建国記念日	12	13	14 空洞4K
15 空洞4K	16	17	18	19	20	21 空洞4K
22 空洞4K	23	24	25	26	27	28 空洞4K

スケジュール詳細: 2月1日-7日、8日-14日、15日-21日、22日-28日 空洞4K 稼働。2月12-13日 施設検査。2月11日 建国記念日。2月10日 施設検査(候補3)。2月12日 施設検査(候補1)。2月13日 施設検査(候補2)。

cERLスケジュール2015年3月

2015年 3月

背景黄色: 運転延長案(2014/11/20)

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
1 空洞4K	2	3	4	5	6	7 空洞4K
8 空洞4K	9	10	11	12	13	14 空洞4K
15 空洞4K	16	17	18	19	20	21 春分の日 空洞4K
22 空洞4K	23	24	25	26	27	28 空洞4K
29 空洞4K	30	31	4/1	4/2	4/3	4/4 昇温
4/5	4/6 昇温	4/7				

スケジュール詳細: 3月1日-7日、8日-14日、15日-21日、22日-28日、29日-4月4日 空洞4K 稼働。3月11-12日、16-21日、22-28日、29日-4月4日 ビーム利用。3月21日 春分の日。3月28日、4月4日 昇温。3月30日、4月1日、4月2日、4月3日、4月4日 運転延長案(背景黄色)。

- H27年度は3ヶ月間(6,11,2月)のビーム予定。
- 小型電子線型加速器(LUCX)での光共振器LCS開発実験は継続。

H27業務計画書(昨年より早い)

12月 1日 (月)	・業務計画書(概案)及び関係書類提出 ⇒JST、MEXTにて確認(必要に応じ質疑)	
12月24日 (水)	・平成27年度政府予算案閣議決定(予定)	
平成27年		
1月 6日 (火)	・P0会議 → 1/30に延期(衆議院選の影響) ・各課題の平成27年度配分額提示 ・配分額を踏まえた業務計画書(案)作成依頼	
1月26日 (月) 遅れる?	・業務計画書(案)及び関係書類提出 ⇒JST、MEXTにて確認(必要に応じ質疑)	見積書が必要
2月20日 (金)	・業務計画書(案)及び関係書類確定 ⇒MEXT契約締結手続開始 並行して、各機関において契約締結手続開始	
3月31日 (火) まで	・MEXT、各機関の契約締結手続完了	
4月 1日 (水)	・委託契約書取り交わし	

- ・ 6月: 委託事業の中間評価

次回、第10回全体会議の日程

- 2巡目、2月または3月にKEKで開催を予定。
- 2/16-19(照沼、浦川), 2/23-26(照沼)が海外出張
- 全機関の都合を合わせるのは難しそう
 - 2/3(月)は早すぎ？3/5(木)または3/6(金)が候補
- 第11回会議(順番では東北大?)を5月？

	氏名(敬称略)	所 属	2月2日～6日	2月9日～13日(11日は除く)	3月2日～6日	3月9日～13日
1	百生	東北大	2、3	9、10	5、6	10
2	岩下	京大	3、6	10、12	4、5、6	11、12、13
3	鷲尾	早大				
4	坂上	早大	x	後半○	○	○
5	田中	日大	月曜日以外○	月曜日以外○	月曜日以外○	月曜日以外○
6	境	日大				
7	虎谷	リガク	○	○	x	○
8	栗林	リガク				
9	黒田	産総研				
10	平	産総研	○	x	○	○
11	羽島	JAEA	○	○	○	○
12	栗木	広大	○	x	○	○
13	高橋	広大	2、3、4、6	x	3、4、5、6	○