

Работа и встречи с
Б.С. Ишхановым в 2002 – 2020 гг.

А.В. Виноградов, ФИАН

НИИЯФ МГУ
26 октября 2023

**СЕМИНАР ОТДЕЛЕНИЯ КВАНТОВОЙ РАДИОФИЗИКИ ФИАН
им. Н.Г.БАСОВА**

состоится в конференц-зале корпуса № 1 в пятницу в **10.00**

26 сентября 2003 г.

Б.С.Ишханов (МГУ)

Стимулированный распад ^{178}Hf (гафниева бомба).

Секретарь семинара Л.В.Селезнёв, тел. 135-86-48, 67-35



*Б.С. Ишханов, МГУ
22.10.1938 – 09.08.2020*



*Е.Г. Бессонов, ФИАН
6.12.1939 – 26.02.2020*

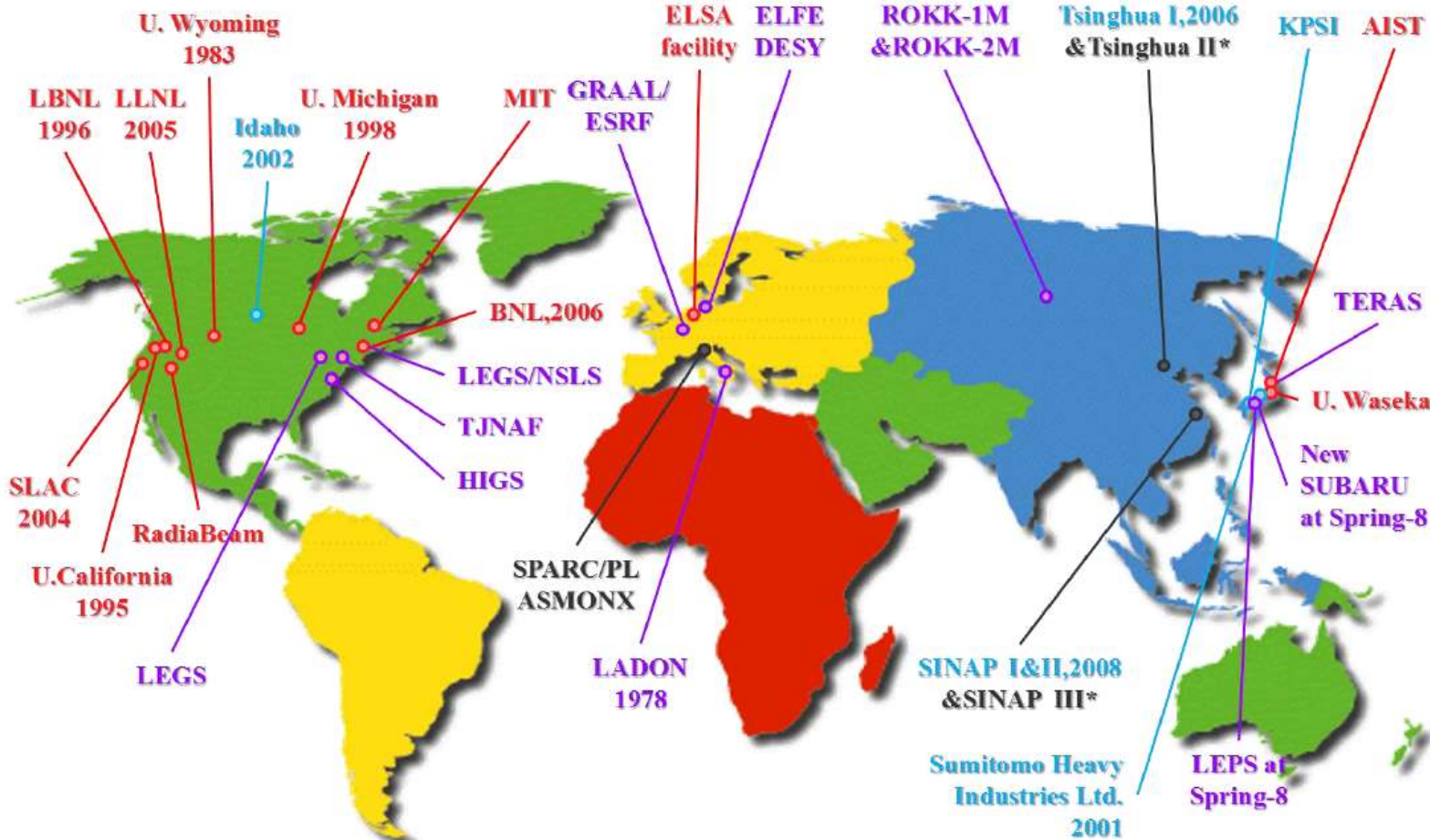
тема: Лазерно-электронный рентгеновский генератор ЛЭРГ, LEXG.
(CLS, ICS, TXS, LCXS,...,ИКИ)

История

- Эйнштейн 1905
- Комптон 1922

- Мейман 1960 - лазер
- Арутюнян, Туманян 1963 – предложение генерировать рентген.
- Куликов и др, «Эффект Комптона на движущихся электронах», ФИАН 1964 – эксп в рел пучках 550 MeV, 1 нК; рубиновый лазер 1,8 эВ, 0,5 Дж; 8 МэВ, ~ 10 фотонов. Перспектива – диагностика эл пучков и ЯФ, благ. А.М. Балдин.
- Ladon Beams: Frascati, 1978, - эксп. продолжение.
- **F. Carroll, Вандербилт Университет США, 1990 – 2002: 50 МэВ, 1 нК; T³-laser, 20 Дж.; 15 – 50 кэВ; 1 выстрел, фантом руки человека.**
- **Z. Huang, R. Ruth, Compact Light Source (CLS), Stanford, 1998, – 2001-2006-2015**

Inverse-Compton source world wide



Тема: **Лазерно-электронный источник (комптоновского) рентгеновского излучения**

Публикации НИИЯФ и ФИАН, 2005-2023

1. M.V. Gorbunkov, V.G. Tunkin, E.G. Bessonov, R.M. Fechtchenko, I.A. Artyukov, Yu.V. Shabalin, P.V. Kostryukov, Yu.Ya. Maslova, A.V. Poseryaev, V.I. Shvedunov, A.V. Vinogradov, **B.S. Ishkhanov**, **Proposal of a Compact Repetitive Dichromatic X-ray Generator with Millisecond Duty Cycle for Medical Applications**, "Soft X-ray Lasers and Applications VI", SPIE Vol. 5919, eds. Fill & Suckewer, **2005**.
2. **Лазерно-электронный генератор рентгеновского излучения**. И.А.Артюков, Е.Г.Бессонов, А.В.Виноградов, М.В.Горбунков, Я.В.Зубавичус, **Б.С.Ишханов**, П.В.Кострюков, Ю.Я.Маслова, Н.Л.Попов, А.В.Посеряев, Ю.Л.Словохотов, В.Г.Тункин, Ю.А.Успенский, Р.М.Фещенко, Ю.В.Шабалин, В.И.Шведунов. Препринт НИИЯФ МГУ, 2006-7/806, **2006..**
3. I.A. Artyukov, E.G. Bessonov, A.V. Vinogradov, M.V. Gorbunkov, Yu.Ya. Maslova, N.L. Popov, A.A. Postnov, Yu.A. Uspenski, R.M. Feshchenko, Yu.V. Shabalin, Yu.L. Slovokhotov, Ya.V. Zubavichus, **B.S. Ishkhanov**, A.V. Poseryaev, V.I. Shvedunov, P.V. Kostrukov, V.G. Tunkin. **A project of laser electron X-ray generator for scientific applications**. Springer Proc. in Physics 115, 10th International Conference, August 20-25, 2006, D. Fill & S. Suckewer, eds., SPIE Vol. 6011, **2006**.

4. И.А. Артюков, Е.Г. Бессонов, А.В. Виноградов, М.В. Горбунков, Я.В.Зубавичус, **Б.С.Ишханов**, П.В. Кострюков, Ю.Я. Маслова, Н.Л. Попов, А.В.Посеряев, Ю.Л.Словохотов, В.Г.Тункин, Ю.А. Успенский, Р.М.Фещенко, Ю.В.Шабалин, В.И. Шведун **Лазерно-электронный генератор рентгеновского излучения. Поверхность**, №8, стр. 3-11, **2007**.
5. М.В. Горбунков, Е.Г. Бессонов, А.В. Виноградов, **Б.С. Ишханов**, П.В. Кострюков, Ю.Я. Маслова, В.Г. Тункин, В.И. Шведун. **Компактный перестраиваемый генератор рентгеновского излучения для исследования структуры материалов и изделий**. Труды РСНЭ-2007, 12-17 ноября, Москва, 2007, стр. 592, **2007**.
6. E.G. Bessonov, M.V. Gorbunkov, **B.S. Ishkhanov**, P.V. Kostryukov, Yu.Ya. Maslova, V.I. Shvedunov, V.G. Tunkin, A.V. Vinogradov. **Relativistic Thomson scattering in compact linacs and storage rings: a route to tunable laboratory-scale X-ray sources**. Proceedings MWTA-2007. Moscow, 15-19 October 2007. pp. 41, **2007**.

7. E.G. Bessonov, M.V. Gorbunkov, Yu.Ya. Maslova, P.V. Kostryukov, V.G. Tunkin, **B.S. Ishkhanov**, V.I. Shvedunov, A.V. Vinogradov. **Relativistic Thomson scattering in compact linacs and storage rings: a route to quasi-monochromatic tunable laboratory-scale X-ray sources.** Proceedings SPIE, V. 6702, 6702E-1—6702E-9, **2007**.
8. E.G. Bessonov, M.V. Gorbunkov, **B.S. Ishkhanov**, P.V. Kostryukov, Yu.Ya. Maslova, V.I. Shvedunov, V.G. Tunkin, and A.V. Vinogradov. **Laser-electron generator for X-ray applications in science and technology.** Laser and Particle Beams, Vol. 26, No. 3, p.p.489-495, **2008**.
9. E.G. Bessonov, M.V. Gorbunkov, P.V. Kostryukov, Yu.Ya. Maslova, V.G. Tunkin, A.A. Postnov, A.A. Mikhailichenko, V.I. Shvedunov, **B.S. Ishkhanov**, A.V. Vinogradov. Design study of compact Thomson X-ray sources for material and life sciences applications. 11th International Conference on X-ray Lasers, Belfast, 17-22 August, **2008**.

10. E. G. Bessonov, M. V. Gorbunkov, P. V. Kostryukov, Yu. Ya. Maslova, V. G. Tunkin, A. A. Postnov, A. A. Mikhailichenko, V. I. Shvedunov, **B. S. Ishkhanov**, A. V. Vinogradov, **“Design study of compact Thomson X-ray sources for material and life sciences applications”**, Springer Proceedings in Physics, 130, X-ray Lasers 2008, pp. 521-535, Ciaran L.S.Lewis and Dave Riley Springer, **2009**.
11. A.V. Vinogradov, E.G. Bessonov, M.V. Gorbunkov, **B.S. Ishkhanov**, P.V. Kostryukov, Yu.Ya. Maslova, V.I. Shvedunov, V.G. Tunkin, **“The Project of Laser-Electron X-Ray Generator based on relativistic Thomson Scattering”**. 2nd SCHOOL AND WORKSHOP ON X-RAY MICRO AND NANOPROBES (XMNP 2009), June 14th to 22nd, **2009**, Palinuro (Salerno - Italy), 2009.
12. E.G. Bessonov, M.V. Gorbunkov, P.V. Kostryukov, Yu.Ya. Maslova, V.G. Tunkin, A.A. Postnov, A.A. Mikhailichenko, V.I. Shvedunov, **B.S. Ishkhanov**, A.V. Vinogradov. **Design study of compact Thomson X-ray sources for**

13. A.V. Vinogradov, E.G. Bessonov, M.V. Gorbunkov, **B.S. Ishkhanov**, P.V. Kostryukov, Yu.Ya. Maslova, V.I. Shvedunov, V.G. Tunkin. **The project of laser-electron X-ray generator based on relativistic Thomson scattering.** Proceedings of 9th Workshop Complex Systems of Charged Particles and Their Interaction with Electromagnetic Radiation, p. 44, April 13-14, **2011**, Moscow, Russia.
14. М.В. Горбунков, Ю.Я. Маслова, А.В.Виноградов, В.И.Шведун, **Б.С.Ишханов**, Ю.В. Шабалин, В.Г. Тункин, П.В. Кострюков. **Лазерноэлектронный источник рентгеновского излучения для медицинских применений.** Сборник трудов V Всероссийской молодежной конференции по фундаментальным и инновационным вопросам современной физики. Программа и тезисы докладов. 10-15 ноября **2013** г. Москва, ФИАН, с.193.

В 2006 г. Б.С. Ишханов организовал в НИИЯФе в этом зале однодневный семинар, посвящённый разработке и применениям ЛЭРГ (LEXG).

От МГУ участвовали также специалисты из МЛЦ, Химфака, Биофака, Геофака и Института механики, от РАН – ФИАН, ИНЭОС и ИПТМ (Черноголовка).

По результатам докладов был издан препринт МГУ.

И.А. Артиюков, Е.Г.Бессонов, А.В. Виноградов, М.В.Горбунков,
Я.В.Зубавичус, **Б.С.Ишханов**, П.В.Кострюков, Ю.Я.Маслова, Н.Л.Попов,
А.В.Посеряев, А.А.Постнов, Ю.Л. Словохотов, В.Г.Тункин,
Ю.А.Успенский, Р.М.Фещенко, Ю.В.Шабалин, В.И.Шведун

ЛАЗЕРНО-ЭЛЕКТРОННЫЙ ГЕНЕРАТОР РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

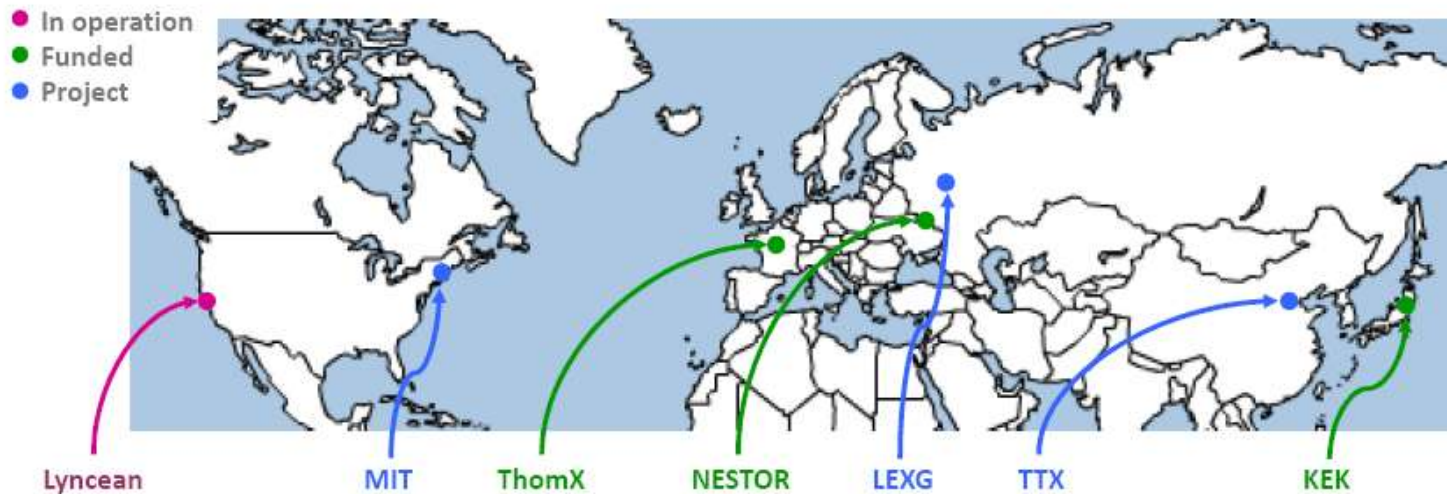
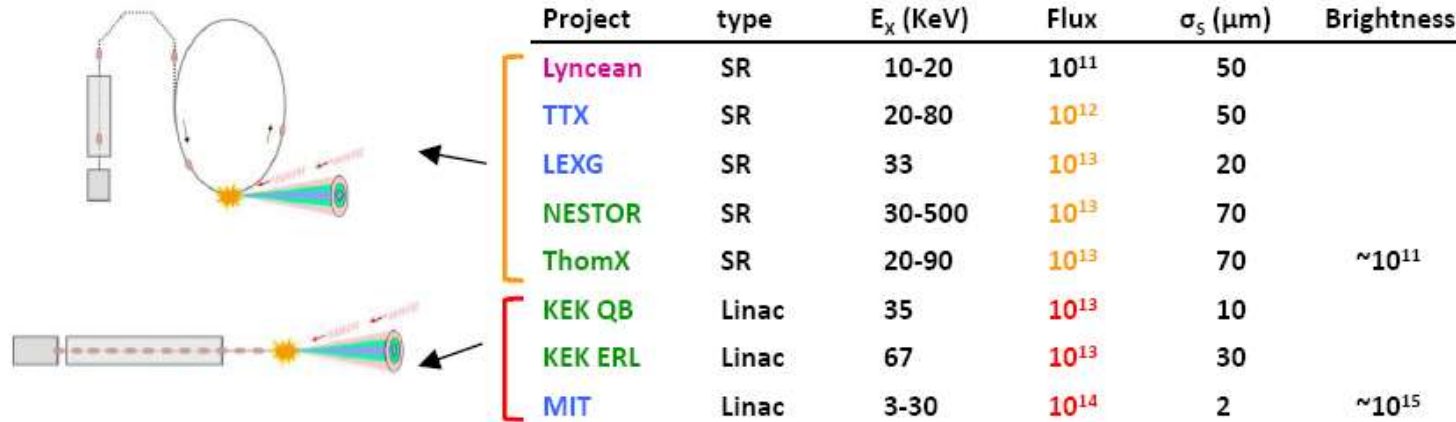
Препринт НИИЯФ МГУ- 2006-7/806

Аннотация

НИИЯФ
МГУ
МЛЦ МГУ
Химфак
МГУ
ИНЭОС
ФИАН

Рассматривается возможность создания и перспективы применения лазерно-электронного рентгеновского генератора, основанного на эффекте томсоновского рассеяния лазерного излучения на пучке релятивистских электронов. **Такой генератор заполняет существующий сегодня пробел между рентгеновскими трубками и синхротронными источниками, который составляет несколько порядков величины по яркости, средней интенсивности, габаритам, а также по стоимости сооружения и эксплуатации.** Обсуждается конфигурация каналов и экспериментальных станций, предназначенных для применения рентгеновского лазерно-электронного генератора в исследованиях элементного состава и структуры материалов и биологических объектов.

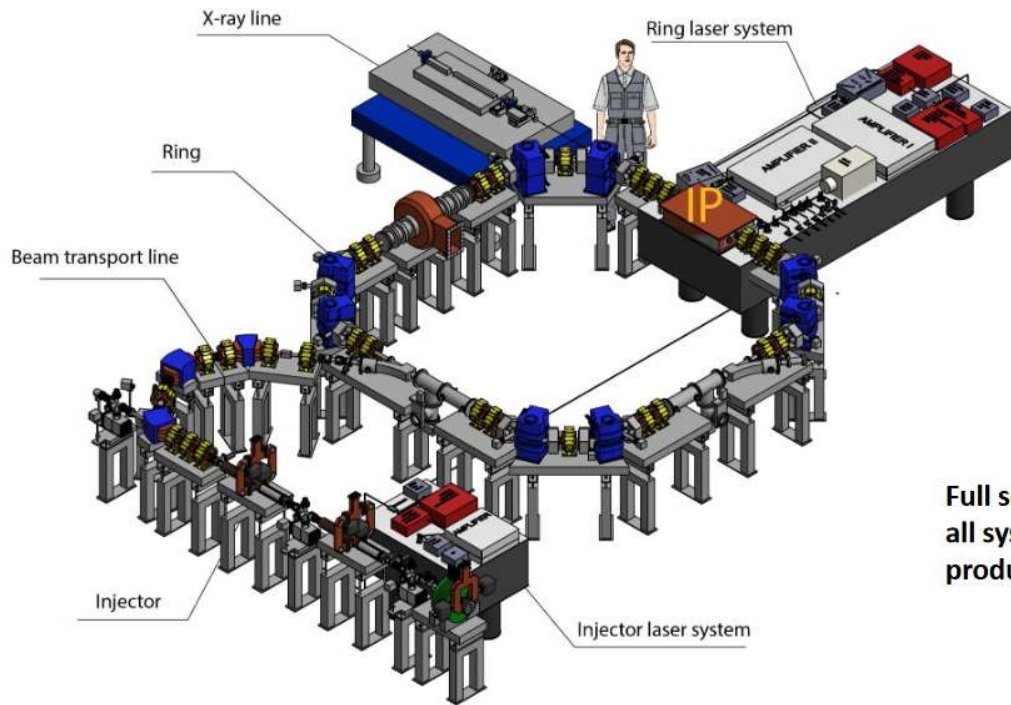
Compact Compton projects (X-ray flux > 10¹² ph/sec)



DEVELOPMENT OF LASER – ELECTRON X - RAY GENERATOR

Jilin University, Changchun - ЛЭУ МГУ, Москва.
2014 – 2016, 0.75M€.

General view of LEXG



Full set of drawings for all systems has been produced.

РУК: Б.С. Ишханов, В.И. Шведунов.
ЛИНАК – НИИЯФ, В.И. Шведунов
кольцо – МРТИ, Г.Л. Мамаев
лазеры – МЛЦ МГУ, А.Б. Савельев
рентгеноканал – ФИАН, И.А. Артюков
участников работы: 40 - 50 чел.

ОТЧЁТ – 638 стр, расчёты, перечень ВСЕХ систем, узлов и комплектующих, поставщики и стоимость закупаемого оборудования, полная оценка стоимости.
КОМПЛЕКТ РАБ. ЧЕРТЕЖЕЙ.

4 сотрудника из КНР 1 год готовились в НИИЯФе, чтобы приступить к сборке и запуску устройства в Чаньчуне.
В Москве подготовлены дипломники и канд наук (НИИЯФ – 3, ФИАН – 1).

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.

Запасной слайд

Действующая установка, с которой в течение последних 10 лет идут публикации, одна:

Мюнхенский Технический Университет:

The mode locked Nd: YAG laser has wavelength of 1064 nm, pulse width of 25 ps, energy 0.5 J and a repetition rate of 65 MHz, av power 25W. The laser power of 350 kW is stored in a bow-tie high finesse (~ 40000) cavity +

+накопительное кольцо эл 250 pC, 29 MeV – 45MeV=
=фотоны $15 \text{ keV} < E < 35 \text{ keV}$.