

Д. Атті<sup>1</sup>, С. Барсук<sup>2</sup>, О. Безшийко<sup>3</sup>, Л. Бурмістров<sup>2</sup>, А. Чаус<sup>1</sup>, П. Кола<sup>1</sup>, О. Федорчук<sup>3</sup>,  
Л. Голинка-Безшийко<sup>3,\*</sup>, І. Каденко<sup>3</sup>, В. Крилов<sup>2,3</sup>, В. Кубицький<sup>2</sup>, Р. Лопез<sup>4</sup>, Х. Монар<sup>2</sup>,  
В. Родін<sup>3</sup>, М. Тітов<sup>1</sup>, Д. Томассіні<sup>4</sup>, А. Варіола<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Комісаріат атомної та альтернативної енергетики,  
Інститут вивчення фундаментальних законів фізики (CEA IRFU), Сакле, Франція

<sup>2</sup> Лабораторія лінійного прискорювача (LAL), Орсе, Франція

<sup>3</sup> Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

<sup>4</sup> Європейський центр ядерних досліджень, Женева, Швейцарія

\*Відповідальний автор: lyalka@univ.kiev.ua; lyalkagb@gmail.com

## РОЗРОБКА, УВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ ТА ПЕРШІ ВИМІРЮВАННЯ НА СПЕКТРОМЕТРІ LEETECH

Установку LEETECH (Low Energy Electron TECHnique) тестових пучків електронів з енергією від 100 кеВ до 5 МеВ розроблено та введено в експлуатацію в лабораторії лінійного прискорювача (Орсе, Франція). Проведено дві серії вимірювань щодо дослідження характеристик алмазного детектора та модуля трекового детектора Micromegas/InGrid. У статті представлено основні досягнення при розробці даної установки: результати попередніх моделювань, проект установки, модуль дистанційного керування, система зчитування даних, функціональні можливості, необхідні для виведення тестових пучків із наперед заданими параметрами. Підтверджено можливість отримання на LEETECH пучків, що складаються лише з декількох електронів. Отримані результати узгоджуються в межах похибки з оцінками на основі модельних підходів. Представлено основні результати та попередній аналіз даних сесії вимірювань із Micromegas/InGrid детектором.

*Ключові слова:* LEETECH, PHIL фотоінжектор, тестові пучки, алмазний детектор, Micromegas/InGrid.

Д. Атті<sup>1</sup>, С. Барсук<sup>2</sup>, О. Бешейко<sup>3</sup>, Л. Бурмістров<sup>2</sup>, А. Чаус<sup>1</sup>, П. Кола<sup>1</sup>, А. Федорчук<sup>3</sup>,  
Л. Голинка-Бешейко<sup>3,\*</sup>, І. Каденко<sup>3</sup>, В. Крылов<sup>2,3</sup>, В. Кубицький<sup>2</sup>, Р. Лопез<sup>4</sup>, Х. Монар<sup>2</sup>, В. Родін<sup>3</sup>,  
М. Тітов<sup>1</sup>, Д. Томассіні<sup>4</sup>, А. Варіола<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Комиссариат атомной и альтернативной энергетики,  
Институт изучения фундаментальных законов физики (CEA IRFU), Сакле, Франция

<sup>2</sup> Лаборатория линейного ускорителя (LAL), Орсе, Франция

<sup>3</sup> Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев, Украина

<sup>4</sup> Европейский центр ядерных исследований, Женева, Швейцария

\*Ответственный автор: lyalka@univ.kiev.ua; lyalkagb@gmail.com

## РАЗРАБОТКА, ВВЕДЕНИЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ И ПЕРВЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ НА СПЕКТРОМЕТРЕ LEETECH

Установка LEETECH (Low Energy Electron TECHnique) тестовых пучков электронов энергии от 100 кэВ до 5 МэВ была разработана и введена в эксплуатацию в лаборатории линейного ускорителя (Орсе, Франция). Проведены две серии измерений по характеристике алмазного детектора и модуля трекового детектора Micromegas/InGrid. В статье представлена полная разработка данной установки: приведены предшествующие расчеты, проект установки, реализация дистанционного управления, система считывания данных, функциональные возможности, необходимые для организации тестовых пучков. Подтверждена возможность получения пучков из нескольких электронов на LEETECH, полученные результаты согласуются с соответствующими модельными расчетами в пределах погрешности. Представлены основные результаты и предварительный анализ данных сессии измерений с Micromegas/InGrid детектором.

*Ключевые слова:* LEETECH, PHIL photoinjector, тестовые пучки, алмазный детектор, Micromegas/InGrid.

D. Attie<sup>1</sup>, S. Barsuk<sup>2</sup>, O. Bezshyyko<sup>3</sup>, L. Burmistrov<sup>1</sup>, A. Chaus<sup>1</sup>, P. Colas<sup>1</sup>, O. Fedorchuk<sup>3</sup>,  
L. Golinka-Bezshyyko<sup>3,\*</sup>, I. Kadenko<sup>3</sup>, V. Krylov<sup>2,3</sup>, V. Kubytskyi<sup>2</sup>, R. Lopez<sup>4</sup>, H. Monard<sup>2</sup>,  
V. Rodin<sup>3</sup>, M. Titov<sup>1</sup>, D. Tomassini<sup>4</sup>, A. Variola<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Commissariat of Nuclear and Alternative Energy,  
Institute for the Study of Fundamental Laws of Physics (CEA IRFU), Saclay, France

<sup>2</sup> Linear Accelerator Laboratory (LAL), Orsay, France

<sup>3</sup> Kyiv National Taras Shevchenko University, Kyiv, Ukraine

<sup>4</sup> European Center for Nuclear Research, Geneva, Switzerland

## DESIGN, COMMISSIONING AND FIRST MEASUREMENTS AT THE LEETECH SPECTROMETER

The LEETECH (Low Energy Electron TECHnique) electron test beam facility has been designed and manufactured at Laboratoire de l'Accelérateur Lineaire (Orsay, France). Energy of electron beam can vary from 100 keV to 5 MeV. Two measurement sessions with application of the diamond sensor and the Micromegas/InGrid tracking module characterization were performed. Complete facility design with the Geant4 simulation, mechanical design, implementation of remote control and readout system is presented. An option to generate the electron bunches including a few particles only is confirmed, the obtained results are in rather good agreement with the corresponding simulation within uncertainty. Main results with the preliminary analysis from the Micromegas/InGrid measurement session are also presented.

*Keywords:* Micromegas, InGrid, PHIL photoinjector, test beams, diamond detector, Micromegas/InGrid.

### REFERENCES

1. D. Attie et al. LEETECH facility as a flexible source of low energy electrons. *Yaderna Fizyka ta Energetyka (Nucl. Phys. At. Energy)* 16(4) (2015) 337.
2. R. Roux et al. PHIL: a test beamline at LAL. Proc. of EPAC'08. Genoa, Italy, June 23 - 28, 2008. WEPP078. p. 2698.
3. I-M. Gregor. Test beam for Detector Qualification in HEP. INFIERI2013. School talk (2013) 8.
4. W. Matz et al. ROBL - a CRG Beamline for Radiochemistry and Materials Research at the ESRF. *Journal of Synchrotron Radiation* 6 (1999) 1076.
5. L. Quintieri et al. Photo-Neutron Source by High Energy Electrons on Target: Comparison between Monte Carlo Predictions and Experimental Measurements. *IEEE Nuclear Science Symposium Conference Record* 31(1) (2010) 915.
6. B. Buonomo et al. A wide range electrons, photons, neutrons beam facility. Proc. of EPAC'08. Genoa, Italy, June 23 - 28, 2008. THPC143. p. 3321.
7. S. Agostinelli et al. Geant4 - A Simulation Toolkit. *Nuclear Instruments and Methods A* 506 (2003) 250.
8. L. Ran et al. Design method of CAN BUS network communication structure for electric vehicle. *International Forum on Strategic Technology (IFOST)*. (Ulsan, South Korea, 13 - 15 Oct. 2010) 326.
9. D. Breton et al. Using ultra fast analog memories for fast photodetector readout. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 695 (2012) 61.
10. V. Kubyskyi et al. Study of low multiplicity electron source LEETECH with diamond detector. *Journal of Instrumentation* 12(02) (2017) P02011.
11. F. Sauli. GEM: A new concept for electron amplification in gas detectors. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 386(2-3) (1997) 531.
12. Y. Giomataris et al. MICROMEGAS: a high-granularity position-sensitive gaseous detector for high particle-flux environments. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 376(1) (1996) 29.
13. M. Chefdeville et al. An electron-multiplying 'Micromegas' grid made in silicon wafer post-processing technology. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A* 556(2) (2006) 490.
14. R. Diener et al. Development of a TPC for an ILC Detector. *Physics Procedia* 37 (2012) 456.
15. M. Lupberger. The Pixel-TPC: A feasibility study. *IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference (San Diego, California, USA, 31 Oct. - 7 Nov., 2015)* 141.
16. S.M. Seltzer, M.J. Berger. Improved procedure for calculating the collision stopping power of elements and compounds for electrons and positrons. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes* 35(7) (1984) 665.
17. R.O. Duda, P.E. Hart. Use of the Hough transformation to detect lines and curves in pictures. *Communications of the ACM* 15(1) (1972) 11.

Надійшла 01.06.2017  
Received 01.06.2017