

ВЕСТИ БДПУ

Серия 3

- * ФІЗИКА
- * МАТЕМАТИКА
- * ІНФОРМАТИКА
- * БІОЛОГІЯ
- * ГЕОГРАФІЯ



3
2008

9. Li, J.F. Dramatically enhanced polarization in (001), (101), and (111) BiFeO₃ thin films due to epitaxial-induced transitions / J.F. Li, J. Wang, N. Wang // Appl. Phys. Lett. – 2004. – Vol. 84. – P. 5261.
10. Lee, D. Epitaxially grown La-modified BiFeO₃ magnetoelectric thin films / D. Lee, M.G. Kim, S. Ryu // Appl. Phys. Lett. – 2005. Vol. 86. – P. 222903.
11. Yuan, G.L. Enhanced piezoelectric and pyroelectric effects in single-phase multiferroic Bi_{1-x}Nd_xFeO₃ (x=0–0.15) ceramics / G.L. Yuan, S.W. Or // Appl. Phys. Lett. – 2006. – Vol. 88. – P. 062905.
12. Залесский, А.В. Концентрационный переход спин-модулированной структуры в однородное антиферромагнитное состояние в системе Bi_{1-x}La_xFeO₃ по данным ЯМР на ядрах ⁵⁷Fe / А.В. Залесский, А.А. Фролов, Т.А. Химич // ФТТ. – 2003. – Vol. 45. – P. 134.
13. Zhang, Sh.-T. Substitution-induced phase transition and enhanced multiferroic properties of Bi_{1-x}La_xFeO₃ ceramics / Sh.-T. Zhang, Y. Zhang, M.-H. Lu // Appl. Phys. Lett. – 2006. – Vol. 88. – P. 162901.
14. Wang, N. Multiferroic properties of modified BiFeO₃-PbTiO₃-based ceramics: Random-field induced release of latent magnetization and polarization / N. Wang, J. Cheng, A. Pyatakov // Phys. Rev. B. – 2005. – Vol. 72. – P. 104434.
15. Cheng, J. Dielectric and magnetic enhancements in BiFeO₃-PbTiO₃ solid solutions with La doping / J. Cheng, Sh. Yu, J. Chen // Appl. Phys. Lett. – 2006. – Vol. – 89. – P. 122911.
16. Woodward, D.I. Crystal and domain structure of the BiFeO₃-PbTiO₃ solid solution / D.I. Woodward, I.M. Reaney, R.E. Eitel // Appl. Phys. – 2003. – Vol. 94. – P. 3313.
17. Yagnik, C.M. Mössbauer Studies of BiFeO₃-PbTiO₃ Perovskite-Type Solid Solutions / C.M. Yagnik, R. Gerson, W.J. James // Appl. Phys. – 1971. – Vol. 42. – P. 395.
18. Khomchenko, V.A. Weak ferromagnetism in diamagnetically-doped Bi_{1-x}A_xFeO₃ (A = Ca, Sr, Pb, Ba) multiferroics / V.A. Khomchenko, D.A. Kiselev, E.K. Selezneva // Mater. Lett. – 2008. – Vol. 62. – P. 1927.
19. Khomchenko, V.A. Synthesis and multiferroic properties of Bi_{0.8}A_{0.2}FeO₃ (A=Ca,Sr,Pb) ceramics / V.A. Khomchenko, D.A. Kiselev, J.M. Vieira // Appl. Phys. Lett. – 2007. – Vol. 90. – P. 242901.
20. Adler, P. Magnetoresistance effects in SrFeO_{3-δ}: Dependence on phase composition and relation to magnetic and charge order / P. Adler, A. Lebon, V. Damjanovich // Phys. Rev. B. – 2006. – Vol. 73. – P. 94451.

SUMMARY

The system of solid solutions Bi_{1-x}Ca_xFeO₃ is received and research of their properties by methods of analysis diffraction data, obtained with x-rays and neutrons, and magnetisation measurements is carried out. It is shown, that the system is characterized by antiferromagnetic order G-type of the magnetic moments. Iron ions are in a trivalent condition, compensation of charge occurs at the expense of formation of vacancies on oxygen. Dielectric permeability increases with growth of the maintenance of calcium.

МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ

УДК 535.3

В.А. Бондар, кандыдат фізіка-матэматычных навук,
прафесар кафедры агульнай фізікі БДПУ;

І.І. Перапечка, вядучы інжынер кафедры агульнай фізікі БДПУ

УДАСКАНАЛЕННЕ ЭКСПЕРЫМЕНТАЛЬнай УСТАНОўКІ ДЛЯ ВЫЗНАЧЭННЯ МАКСІМАЛЬнай ЭНЕРГІІ β-ВЫПРАМЕНЬВАННЯ ПА ПАГЛЫНАННІ

Фізічны эксперымент, які садзейнічае актыўнай пазнавальнай дзейнасці, дазваляе забяспечыць больш глыбокае разуменне вучэбнага матэрыялу, выклікае цікавасць да прадмета. Вывучэнне фізікі патрабуе ад навучэнцаў глыбокага засваення ведаў аб метадах навуковага пазнання прыроды, развіцця здольнасцей да самастойнага набывання новых ведаў па дысцыпліне ў адпаведнасці з жыццёвымі патрэбамі і інтарэсамі. Стандарты адукацыі і праграмы змяшчаюць у якасці неабходных наступных ўменні: назіраць і асэнсоўваць з'явы рознай фізічнай прыроды, вымяраць фізічныя велічыні, праводзіць эксперыментальныя даследаванні па выяўленні канкрэтных закана-

мернасцей паміж фізічнымі велічынямі.

Эксперымент у фізіцы – абавязковы сродак атрымання новых ведаў. Без яго немагчыма пачаць і закончыць пазнавальны працэс, таму ўзнікае неабходнасць пастаянна ўдасканальваць яго кірункі, падыходы і методыку правядзення.

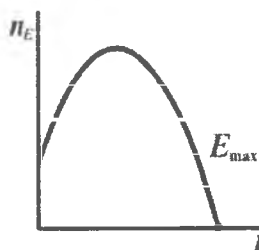
Гібкасць і здольнасць адлюстроўваць новаўвядзенні як навуковыя, так і педагагічныя з'яўляюцца асноўнымі якасцямі фізічнага эксперыменту. Распрацаваны розныя мадыфікацыі методыкі навучання правядзенню фізічнага эксперыменту, у тым ліку ў межах прымянення інвацыйных метадаў, заснаваных на камп'ютэрных тэхналогіях. Прычым выключнае значэнне надаецца прастаце эксперыментальных

установок, які забезпечують доступність розуміння, а значить, і розв'язці пазнавальної інтаресу да вивчаємого прадмета. «Поскольку показывать приходится сложные физические явления..., часто необходимо создавать специальные установки, отличные от исследовательских. Отличие должно состоять в простоте, методической целесообразности и доступности изготовления» [1, с. 1].

Акрамя вышэйназваных патрабаванняў да эксперыментальных установок апошнім часам даволі актуальным з'яўляецца выкарыстанне энергазберагальных тэхналогій. На гэта ўказвае Дырэктыва Прэзідэнта Рэспублікі Беларусь № 3 «Эканомія і беражлівасць – галоўныя фактары эканамічнай бяспекі дзяржавы», у якой таксама падкрэсліваецца неабходнасць фарміравання экалагічна бяспечных і энергазберагальных паводзін грамадзян.

Праграма вивучэння курса агульнай фізікі (раздзел «Квантавая фізіка») прадугледжвае выкананне студэнтамі фізічнага факультэта лабараторнай работы «Вызначэнне максімальнай энергіі β -выпраменьвання па паглыннанні» [2].

Характэрнай асаблівасцю β -распаду з'яўляецца тое, што электроны ці пазітроны, якія выпраменьваюцца атамнымі ядрамі радыеактыўнага рэчыва, маюць любыя значэнні кінетычнай энергіі ад нуля да пэўнай велічыні $E_{\max}$, якая называецца *гранічнай*, або *максімальнай*, энергіяй β -спектра (рысунк 1). Максімальная



Рысунк 1 – Гранічная энергія β -спектра.

энергія β -часціц вызначае энергію распаду і з'яўляецца важнай фізічнай велічыняй. Велічыня максімальнай энергіі β -часціц характарызуе кожны ізатоп і выкарыстоўваецца для вызначэння радыеактыўнага рэчыва, што з'яўляецца надзвычай важным пры выкарыстанні радыеактыўных

ізатопаў у якасці мечаных атамаў. Без вызначэння энергіі β -часціц часта аказваецца немагчымым высветліць, якія радыеактыўныя ізотопы змяшчаюцца ў прэпараце. Значэнні $E_{\max}$ для β -часціц розных радыеактыўных ізатопаў істотна адрозніваюцца паміж сабой і ляжаць у межах ад 10 кэВ да 5 МэВ. Найбольш дакладна максімальная энергія спектра можа быць вызначана пры дапамозе магнітных β -спектрометраў, прынцып дзеяння якіх заснаваны на адхіленні зараджаных часціц, што рухаюцца ў магнітным полі. Аднак у большасці выпадкаў карыстаюцца менш дакладнымі, але больш

простымі метадамі, якія не патрабуюць складанага абсталявання. Адным з такіх з'яўляецца метада паглынання β -часціц рознымі паглынальнікамі. У іх якасці звычайна выкарыстоўваюцца алюмініевыя фольгі, паколькі для гэтага металу ўстаноўлена сувязь паміж даўжынёй прабега β -часціц і іх энергіяй.

Для простага β -спектра паглыннанне можа быць з некаторым набліжэннем апісана формулай

$$I = I_0 e^{-\mu x}, \quad (1)$$

дзе I_0 – пачатковая інтэнсіўнасць патоку β -часціц; I – іх інтэнсіўнасць пасля праходжання паглынальніка таўшчыняй x ; μ – агульны каэфіцыент паглынання.

Хуткі спад інтэнсіўнасці тлумачыцца тым, што ў пучку β -часціц ёсць электроны розных энергій, у тым ліку і вельмі малых. Пры гэтым павольныя электроны паглынаюцца вельмі хутка.

Формула (1) можа прымяняцца пры змяненні інтэнсіўнасці ў шырокіх межах, амаль да значэнняў, што складаюць 1% ад першапачатковай. Калі залежнасць (1) адлюстравача графічна ў паўлагарыфмічных каардынатах $\ln I = f(x)$ (рысунк 2), то ў выпадку хімічна чыстага радыеактыўнага ізатопа экстрапаляцыяй лінейнага ўчастка графіка да перасячэння з воссю x можна атрымаць таўшчыню слоя поўнага паглынання R .

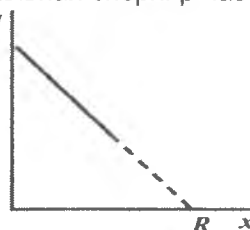
Для вызначэння максімальнай энергіі β -часціц неабходна высветліць сувязь паміж іх энергіямі і прабегам. Вылучыць такую сувязь тэарэтычна нельга, таму для ўстанаўлення $E_{\max}$ выкарыстоўваюцца эмпірычныя формулы, якія атрыманы эксперыментальна, а таксама таблічныя даныя і графікі. У выпадку, калі β -часціцы маюць энергію ад 0,8 да 3 МэВ, то велічыня прабега ў рэчыве ў залежнасці ад іх энергіі з'яўляецца практычна лінейнай і можа быць апісана эмпірычнай формулай

$$R = 0,542 E_{\max} - 0,133, \quad (2)$$

дзе R – таўшчыня слоя поўнага паглынання ў алюмініі (г/см^2), $E_{\max}$ – максімальная энергія ў МэВ.

Пры значэннях энергіі ў межах ад 0,15 МэВ да 0,8 МэВ

$$R = 0,407 E_{\max}^{1,38}, \quad (3)$$



Рысунк 2 – Паўлагарыфмічныя каардынаты $\ln I = f(x)$.

а для інтервалу ад 0,05 да 0,15 МэВ выкарыстоўваюць формулу

$$R = 6,67 \cdot 10^{-3} E_{\max}^{5/3}. \quad (4)$$

Для вызначэння $E_{\max}$ можна выкарыстаць метада палавінчатага паглынання. Для гэтага неабходна вызначыць таўшчыню $x = d_{1/2}$ слоя паглынальнага, пры якой пачатковая інтэнсіўнасць β -часціц паменшыцца ў два разы. З улікам таго, што $N(d_{1/2}) = N_0/2$, можна запісаць

$$\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\mu d_{1/2}},$$

адкуль $e^{\mu d_{1/2}} = 2$, што дае

$$d_{1/2} = (\ln 2)/\mu = 0,693/\mu.$$

Казфіцыент паглынання можна вызначыць, калі вымераць N_1 і N_2 пры таўшчыні паглынальнага x_1 і x_2 адпаведна. Пры гэтым будзем мець:

$$N_1 = N_0 e^{-\mu x_1}, \quad N_2 = N_0 e^{-\mu x_2} \quad \text{або} \quad \frac{N_1}{N_2} = e^{-\mu(x_1 - x_2)}.$$

$$\text{Адкуль} \quad \ln(N_1/N_2) = -\mu(x_1 - x_2), \quad \text{значыць,} \\ \mu = \frac{\ln N_1 - \ln N_2}{x_2 - x_1}.$$

Калі падставіць гэты выраз у формулу для $d_{1/2}$, то атрымаем:

$$d_{1/2} = 0,693 \frac{x_2 - x_1}{\ln N_1 - \ln N_2}. \quad (5)$$

Такім чынам, непасрэдна вымяраюцца колькасці β -часціц N_1 і N_2 , што дазваляе потым вызначыць $d_{1/2}$. Па атрыманым значэнні $d_{1/2}$ можна вызначыць $E_{\max}$.

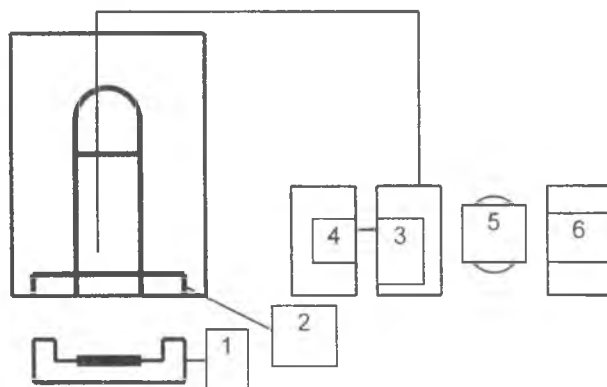
Для выканання шматлікіх лабараторных работ па раздзеле «Квантавая фізіка», у тым ліку і дадзенай, часцей за ўсё выкарыстоўваюць наступныя эксперыментальныя блокі:

- крыніца радыеактыўнага выпраменьвання;
- блок дэтэктавання;
- крыніца высокага напружання;
- узмацняльнік імпульсаў;
- блок рэгістрацыі.

Самымі энергаёмістымі блокамі ў дадзенай лабараторнай рабоце былі: крыніца высокага напружання (ВУП – 1), узмацняльнік імпульсаў (УНЧ – 3) і дэкатронны лічылік (ПЛ – 01), у будове якіх выкарыстоўваліся трансфарматары і электронныя лампы. Гэта прычына, а таксама адсутнасць новых спецыяльных прыбораў з'явіліся ўмовай пошуку іншых, больш надзейных, эканамічных і ў той жа час больш

простых у абарачэнні прыбораў, якія давалі магчымасць праводзіць даволі дакладныя радыеактыўныя вымярэнні. На наш погляд, адным з такіх прыбораў можа быць бытавы дазіметр прамысловага вырабу *Анры 01 «Сасна»*, для выкарыстання якога для дадзеных мэт неабходны былі пэўныя прынцыповыя змяненні. У дазіметры маецца гатовы заводскі раз'ём для падключэння знешняга блока дэтэктавання. Гэта значыць, што можна абысціся без высакавольтнага выпрамніка. Адчувальнасць прыбора настолькі высокая, што можна не выкарыстоўваць узмацняльнік імпульсаў. Маецца яшчэ пераключальнік віду работы, які ў становішчы «Т» дае магчымасць лічыць колькасць распадаў радыяцыйнай крыніцы за дадзены час. Паколькі электрычная схема прыбора зроблена на базе сучасных паўправадніковых дэталаў МАП-структуры, а табло адлюстравання на ВКІ, то прыбор працуе ад крыніцы «Крона» ці «Карунд» напружаннем 9 В. Адзіным недахопам можа быць тое, што для радыеактыўных крыніц павялічанай (але небяспечнай) актыўнасці і працяглага часу вымярэнняў можа не хапіць разрадаў шкалы ВКІ, каб адлюстравць вынік. З гэтай мэтай была распрацавана і выраблена плата для двух дадатковых разрадаў на ВКІ, якая падключалася да дазіметра. У якасці мікрасхем для дадатковай платы былі выкарыстаны мікрасхемы К 176 ІЕ 4. Пры правядзенні вымярэнняў дастаткова карыстацца толькі адным пераключальнікам рэжыму працы.

Удасканаленне эксперыментальнай устаноўкі значна спрасціла прынцыповую схему вымярэнняў (рысунак 3).



Рысунак 3 – Схема ўдасканаленай эксперыментальнай устаноўкі:

- 1 – крыніца β -часціц; 2 – тарцовы лічылік;
3 – дазіметр; 4 – плата дадатковых разрадаў ВКІ;
5 – гадзіннік; 6 – калькулятар.

Замена вышэйназваных блокаў эксперыментальнай устаноўкі значна зменшыла энергаёміскасць эксперыменту, захавала ранейшую дакладнасць вымярэнняў і ў той жа час зрабіла апошнія больш зручнымі.

ЛІТАРАТУРА

1. Островский, В.А. Демонстрационные и лабораторные эксперименты по анизотропии вещества и поляризационным эффектам в широком диапазоне электромагнитных волн: автореф. дис.... канд. пед. наук / В.А. Островский. – Л., 1987. – 18 с.

2. Общая физика: практикум / В.А. Бондарь, И.С. Ташлыков, В.А. Яковенко, В.И. Януть и др.; / под ред. В.А. Яковенко. Минск, 2008.

SUMMARY

The possibilities of reduction of energy capacity of the experimental installation in the concrete laboratory work by preserving former accuracy of measurements are regarded.

РЕПОЗИТОРІЙ БДПУ