

4. Сухомлин О. В., Титов А. Ф. Фітогормони як перспективна група біологічно активних сполук у медицині та косметології. *Медична хімія*. 2020. № 22(1). С. 9–17.
5. Хом'як Н. І., Потапчук І. М. Фітогормони в рослинах та їх роль у регулюванні росту і розвитку. *Молодий вчений*. 2019. № 5.1. С. 228–231.

References

1. Akimova, O. V., and Bezuhla, I. I. 2018. "Fitohormony: pryroda, biosyntezy, fiziologichna rol ta zastosuvannya v silskomu hospodarstvi [Phytohormones: nature, biosynthesis, physiological role and application in agriculture]. *Technology of production and processing of animal husbandry products* 4(17): 3-14.
2. Kazakov, V. V., and Denysov, V. M. 2017. Fitohormony: pryroda, vydy, mekhanizmy dii, zastosuvannya [Phytohormones: nature, types, mechanisms of action, application]. *Biological journal* 71(1): 27-32.
3. Maksymova, L. Yu., and Barsukov, S. N. 2016. Fitohormony ta yikh zastosuvannya u silskomu hospodarstvi. *Journal of scientific publications of graduate students and doctoral students* 8: 36-40.
4. Sukhomlyn, O. V., and Tytov, A. F. 2020. Fitohormony yak perspektyvna hrupa biolohichno aktyvnykh spoluk u medytsyni ta kosmetolohii. *Medicinal chemistry* 22(1): 9-17.
5. Khomiak, N. I., and Potapchuk, I. M. 2019. Fitohormony v roslynakh ta yikh rol u rehuliuванні rostu i rozvytku. *A young scientist* 5.1: 228-231.

УДК 681.7:004.354.3:544.227-024.25(045)

ОПТИКО-ЕЛЕКТРОННИЙ СЕНСОР НА ОСНОВІ ШАРУВАТИХ КРИСТАЛІВ МОНОСУЛЬФІДУ ГЕРМАНІЮ ЛЕГОВАНИХ СУРЬМОЮ
Кабаций В.М., Фордзюн Ю.І., Максютова О.В., Питьовка О.Ю.

OPTOELECTRONIC SENSOR BASED ON LAYERED CRYSTALS OF GERMANIUM MONOSULFIDE DOPED WITH ANTIMONY
Kabatsiy Vasyl, Fordziun Yurii, Maksyutova Olena, Pytovka Oksana

У статті показана можливість створення та використання оптико-електронного сенсора на основі кристалів моноссульфід германію (GeS) легованих сурмою (Sb) для модулів, які відстежують положення Сонця на небі. Розроблений сенсор дозволяє застосувати режим автоматичного супроводу положення Сонця та підвищити енергоефективність сонячної енергії.

Ключові слова: фотоелектричні датчики, сонячна енергетика, автоматизовані системи орієнтації сонячних модулів, моноссульфід германію, шаруваті кристали.

The article shows the possibility of creating and using an optoelectronic sensor based on antimony-doped germanium monosulfide (GeS) crystals for modules that track the position of the Sun in the sky. The sensor we have developed allows us to apply the mode of automatic tracking of the position of the Sun and increase the energy efficiency of solar energy.

Key words: photoelectric sensors, solar energy, automated orientation systems of solar modules, germanium monosulfide, layered crystals.

Актуальним завданням у сфері альтернативної енергетики є вдосконалення технології виготовлення сонячних електростанцій та підвищення ефективності

фотоелектричних панелей. Максимальна енергія, що виробляється сонячними модулями, виходить у разі нормального падіння сонячних променів на площину модулів. Тому для підвищення ефективності сонячних модулів необхідно передбачити режим автоматичного супроводу сонячних модулів до Сонця.

Для цих цілей використовуються різні автоматизовані системи орієнтації сонячних модулів як по куту падіння сонячних променів на сонячні модулі, так і за напрямком руху Сонця по небу. При автоматичному сонячному відстеженні сонячні модулі точно керуються шляхом вимірювання фотоЕРС або струму в фотоелементах датчиків положення Сонця та поворотних механізмів в обох координатах. Фотоелектричні датчики, що стежать за положенням Сонця на небі, є важливими елементами електронної схеми управління кутовими або лінійними переміщеннями обертових модулів.

Не менш важливими є безконтактні, безінерційні вимірювання малих кутових і лінійних переміщень з урахуванням їх спрямованості в контрольно-вимірювальних приладах, необхідних для виконання різних завдань в машинобудуванні, авіаційній і космічній промисловості [4].

У даній роботі показана можливість використання кристалів моноссульфіду германію, легованих сурмою, для розробленого нами оптико-електронного сенсора по відстеженню положення Сонця на небі із врахуванням напрямку його руху.

Одержання кристалів моноссульфіду германію легованого сурмою

Кристали моноссульфіду германію, легованого Sb, вирощували статичною сублімацією в попередньо запаєних кварцових ампулах діаметром 18-22 мм і довжиною 180-200 мм, попередньо запаєних до залишкового тиску 133 Па. Для отримання легованих кристалів до початкової закладки додавали сурму 0,1 і 1,0 ат. %, а процес синтезу здійснювався разом з домішкою. По завершенні синтезу отриманий полікристалічний злиток струшували на одному кінці ампули, який потім поміщали в горизонтальну двозонну трубчасту піч резистивного нагріву. Оптимальні умови для вирощування кристалів наступні: температура зони випаровування 900 К, температура зони конденсації 800 К.

Кристали виростили з газової фази у вигляді плоскопаралельних пластин розміром до $8 \times 15 \times 0,1$ мм.

Для проведення електричних і фотоелектричних вимірювань до природних граней кристалів (001) шляхом припливу індію прикладали компланарні контакти так, щоб електричне поле було спрямоване уздовж кристалографічної осі *b*. За знаком термоЕРС було встановлено, що як спеціально нелеговані, так і леговані сурмою кристали GeS мають *p*-тип провідності.

ФотоЕРС у кристалах GeS:Sb

У кристалах GeS:Sb об'ємна фотоЕРС спостерігається при відсутності зміщення на екранованих контактах. В абсолютних цифрах фотоЕРС дорівнює ~ 200 мкВ. При вимірюваннях використовувався поздовжній режим з нанесеними на площину контактами (001). Ширина світлового щупа не перевищувала 0,5 мм.

Спектральний розподіл фотоЕРС для різних положень світлового зонда щодо контактів показано на рис. 1. Спектральне порівняння

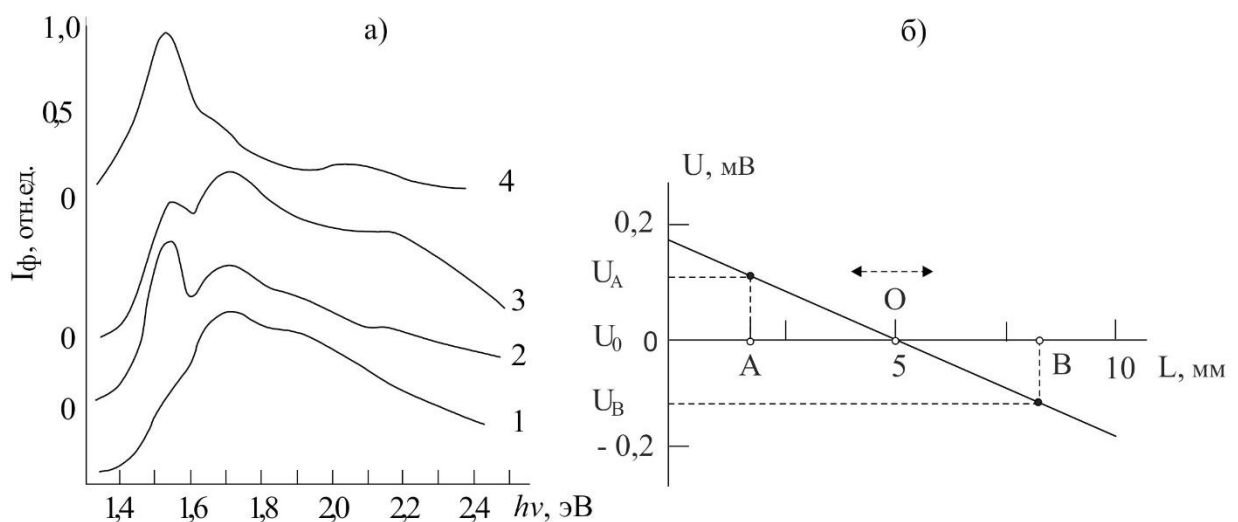


Рис. 1. Спектри фотоЕРС (криві 1, 3, 4) і ФП (2) кристала GeS<Sb> (а) та зондова характеристика фотоЕРС-ефекта (б)

ФотоЕРС та фотопровідність (ФП) кристалів GeS:Sb не виявили жодних

додаткових максимумів та особливостей на спектральних кривих, виміряних без застосування зовнішнього електричного поля. З порівняння спектрів ФП і фотоЕРС видно, що максимумами спектрального розподілу фотоЕРС знаходяться при тих же енергіях, що і максимумами власної ФП, тобто в області межі фундаментального поглинання моноссульфіду германію. У досліджених кристалах не виявлений внесок фотоіонізації домішкових атомів при утворенні фотоЕРС як при кімнатних, так і при низьких температурах. Таким чином, з порівняння спектрів ФП і фотоЕРС випливає, що фотоЕРС в об'ємі кристала GeS:Sb виникає в результаті генерації світлом електронно-діркових пар з області самопоглинання з подальшим їх просторовим поділом. Характер довгохвильової частини спектра фотоЕРС визначається його власним поглинанням, і не виявлено внеску домішкових центрів в утворення фотоЕРС, принаймні при кімнатній температурі. Відсутність довгохвильового хвоста вказує на те, що ймовірність інжекції з електродів в напівпровідник в цьому випадку невелика. Спостерігається значна різниця в короткохвильовій частині спектра фотоЕРС і фотопровідності може бути обумовлена нерівномірним розподілом електричного поля в товщі зразка.

За сучасними уявленнями, фотоелектричний ефект у напівпровідниках ґрунтується на явищі просторового поділу нерівноважних електронно-діркових пар, що генеруються світлом. Поглинання світла і фотоіонізація тільки збільшують число вільних електронів і дірок, але не розділяють їх в просторі.

Для виникнення фотоелектричного ефекту повинні існувати додаткові причини поділу нерівноважних зарядів різних знаків. Будь-яка неоднорідність в об'ємі кристала може привести до виникнення фотоЕРС. Ця неоднорідність може створюватися або коливанням домішок в пробі, або включеннями другої фази. Неоднорідні зразки характеризуються фотоелектричними явищами в результаті модуляції внутрішніх потенціальних бар'єрів. У нашому випадку найбільш вірогідною причиною об'ємної фотоЕРС є неоднорідний розподіл компенсуючої сурм'янистої домішки і структурних дефектів-комплексів {VGe-SbGe}. Цей дефект представлений нерівномірно розподіленими зарядженими

центрами, які утворюють кластери, що створює значні потенційні бар'єри в об'ємі кристала, відокремлюючи електричним полем надлишкові (нерівноважні) носії заряду. Спостережуване зниження сигналу фотоЕРС з підвищенням температури зразка пов'язане зі зменшенням обсягу і висоти потенційних бар'єрів, а також за рахунок збільшення термічної іонізації центрів.

При вивченні фотоелектричного ефекту в структурі метал–GeS:Sb–метал виявлено низку цікавих особливостей. Зокрема, встановлено, що на загальний тип спектральної залежності струму короткого замикання фотоелектричного ефекту істотно впливає розташування світлового зонда відносно омичних контактів (криві 1, 3, 4 на рис. 1, а). Значне перетворення спектрів, яке спостерігається в області максимуму (1,52 eV), відповідає межі власного поглинання моносουλфіду германію легованої сурмою. Крім того, у разі поздовжнього фотоелектричного ефекту в шаруватих кристалах GeS:Sb, тобто при нанесенні омичних контактів на поверхню (001), фотоЕРС має максимальне значення, коли світловий щуп розташований поблизу одного з контактів, і рівномірно зменшується в міру його руху до іншого контакту, приймаючи значення нуля, коли світловий щуп досягає середини відстані між контактами (рис. 1, б). Подальший рух світлового щупа в напрямку іншого контакту супроводжується інверсією знака фотоЕРС і збільшенням його значення до максимального значення біля другого контакту. Ця особливість зонда, характерна для ефекту фотоЕРС в монокристалах GeS:Sb, була успішно використана нами для створення різного типу оптико-електронних сенсорів [5,6].

Оптико-електронний сенсор поворотного модуля сонячної електростанції.

Основним елементом оптико-електронних сенсорів для вимірювання кутових або лінійних переміщень є фотоелектричний активний елемент (АЕ), створений на основі шаруватих кристалів GeS:Sb, конструкція якого показана на рис. 2. Активний елемент 1 складається з металевого корпусу 2, на дні якого

розміщена діелектрична фторопластова підкладка, до якої прикріплена плоскопаралельна пластинка 3 з моноссульфіду кристалічного германію, легованого сурмою. На натуральній грані (001) кристала нанесені омичні індієві контакти 5, підключені від клем струму 6. Верхня частина корпусу герметично закрита віконцем 4, яке прозоре для сонячного випромінювання, що падає на кристал. Залежність величини сигналу на вході підсилювача від положення світлового пучка щодо омичних контактів АЕ визначається характеристикою зонда (рис. 1, б).

Функціональна схема оптико-електронного сенсора поворотного модуля сонячної електростанції показана на рис. 3. Ідентично виготовлені АЕ 1 і 9 знаходяться у фокусі параболічних дзеркал 7 і 8, закріплених в горизонтальному і вертикальному положеннях відповідно.

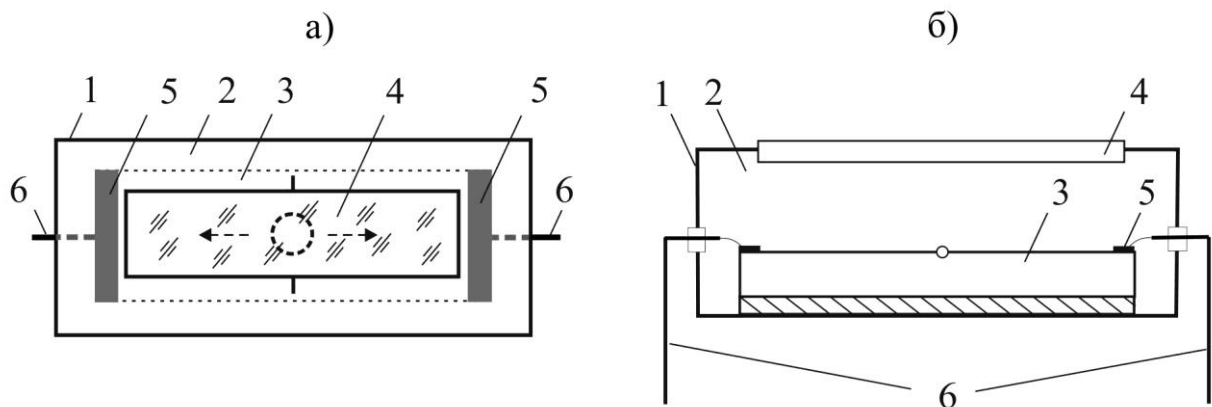


Рис. 2. Конструкція активного елемента оптико-електронного сенсора: вид зверху (а) та збоку (б) 1 – активний елемент; 2 – корпус; 3 – плоскопаралельна пластинка GeS:Sb; 4 – віконце; 5 – омичні контакти; 6 – струмовиводи

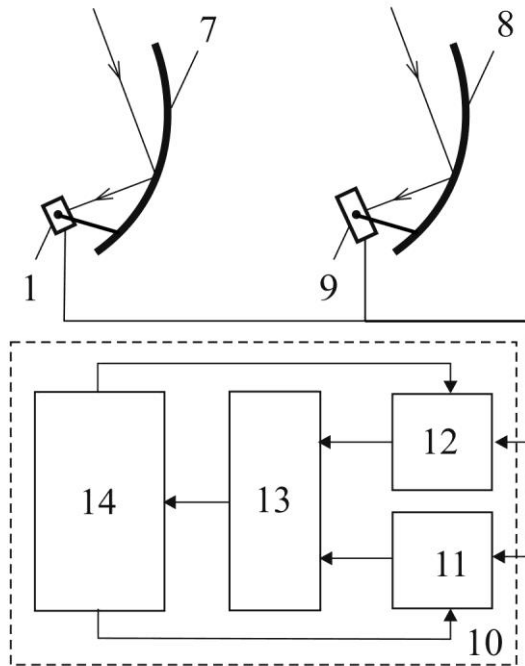


Рис. 3. Функціональна схема оптико-електронного сенсора поворотного модуля сонячної електростанції: 1, 9 – активні елементи; 7, 8 – параболічні дзеркала; 10 – блок обробки електричних сигналів; 11, 12 – підсилювачі; 13 – аналогово-цифровий перетворювач; 14 – мікропроцесор

Електричні сигнали від АЕ 1 і 9 надходять на блок обробки електричних сигналів 10, до складу якого входять підсилювачі 11 і 12, аналого-цифровий перетворювач 13 і мікропроцесор 14, який також керує роботою підсилювачів. Оптико-електронний датчик поворотного модуля сонячної електростанції працює наступним чином. Спочатку параболічні дзеркала налаштовуються таким чином, щоб відбиті від них сонячні промені потрапляли рівно в середину АЕ 1 і 9 (точка О на рис. 1, б). При такому розташуванні світлового променя фотоЕРС дорівнює нулю і сигнал в ланцюзі відсутній.

Зміна положення Сонця на небі призводить до того, що світлові промені, відбиті від параболічних дзеркал, рухаються уздовж АЕ 1 і 9 (наприклад, в точку А або точку В на рис. 1, б) в напрямку одного з контактів 5 (рис. 2, а), що в кінцевому підсумку призводить до появи фотоЕРС, яка подається на входи підсилювачів 11 і 12 (рис. 3). Величина і полярність напруги на виходах підсилювачів 11 і 12 подаються на аналого-цифровий перетворювач 13, який

формує відповідні числові коди для мікропроцесора 14. Після обробки отриманих цифрових кодів мікропроцесор 14 подає відповідні електричні сигнали для управління поворотними модулями з метою повороту сонячних батарей в потрібному напрямку.

Коли падіння напруги на входах підсилювачів 11 і 12 стає рівним нулю, мікропроцесор 14 переходить в режим таймера, що забезпечує енергоефективність оптико-електронного датчика. Робота мікропроцесора 14 з різною періодичністю і тривалістю часу задається апаратним або програмним забезпеченням, в залежності від обраного типу поворотних модулів і умов їх експлуатації.

З порівняння спектрів ФП і фотоЕРС випливає, що фотоЕРС в об'ємі кристала GeS:Sb виникає в результаті генерації світлом електронно-діркових пар з області самопоглинання із подальшим їх просторовим поділом.

Встановлено, що на загальний тип спектральної залежності струму короткого замикання фотоелектричного ефекту істотно впливає розташування світлового зонда відносно омичних контактів.

Розроблений нами оптико-електронний сенсор для вимірювання кутових або лінійних переміщень на основі моносульфідних кристалів германію, легованих сурмою, має просту конструкцію і розширену сферу використання.

Результати експериментів показали можливість та перспективи використання такого оптико-електронного сенсора для відстеження положення Сонця на небі з урахуванням його напрямку.

Список використаних джерел

1. Возняк О. Т., Янів М. Є. Енергетичний потенціал сонячної енергетики та перспективи його використання в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Теорія і практика будівництва.* 2010. № 664. С. 7–10.
2. Фортов В. К., Макаров А. В., Митрова Т. А. Глобальна енергетична безпека: проблема і шляхи розв'язання. *Вісник НАН України.* 2011. № 8. С. 30–42.
3. Porous silicon cells: a new possibilities for terrestrial application / V. A. Skryshevsky, V. G. Litovchenko, N. I. Klyui and others. Proc. 17th European Photovoltaic Solar Energy Conf. Munich, 2001. P. 1858–1861.
4. Тхеин Лин У, Батырев Е. В. Формирование контура автоматического слежения солнечной энергетической установки. *Оборонный комплекс: научно-технический журнал.* 2009. № 2. С. 38-41.

5. Блецкан Д. І., Кабацій В. М., Блецкан М. М. Оптоелектронний датчик спостереження: Патент 80952 Україна, МПК F 24 J 2/12 (2006.01), G 01 N 21/17 (2006.01), G 02 B 1/02 (2006.01), опубл. 10.06.13. Бюл. № 11.

6. Блецкан Д. І., Кабацій В. М. Оптоелектронний модуль спостереження за рухомим джерелом світла: Патент 80953 Україна, МПК F 24 J 2/12 (2006.01), G 01 N 21/17 (2006.01), G 02 B 1/02 (2006.01), опубл. 10.06.13. Бюл. № 11.

References

1. Vozniak, O. T., and Yaniv, M. Ye. 2010. Enerhetychnyi potentsial soniachnoi enerhetyky ta perspektyvy yoho vykorystannia v Ukraini [Energy potential of solar energy and prospects for its use in Ukraine]. *Bulletin of the Lviv Polytechnic National University. Series: Theory and practice of construction* 664: 7–10.

2. Fortov, V. K., and Makarov, A. V. 2011. Hlobalna enerhetychna bezpeka: problema i shliakhy rozviazannia [Global energy security: problem and solutions]. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine* 8: 30–42.

3. Skryshevsky, V. A., Litovchenko, V. G., Klyui, N. I. and others. 2001. Porous silicon cells: a new possibilities for terrestrial application. *Proc. 17th European Photovoltaic Solar Energy Conf.* Munich.

4. Tkheyn, Lyn U, and Batirev. E. V. 2009. Formyrovanye kontura avtomatycheskoho slezhenyia solnechnoi enerhetycheskoi ustanovky [Formation of an automatic tracking circuit for a solar power plant]. *Defense complex* 2: 38-41.

5. Bletskan, D. I., Kabatsii, V. M., and Bletskan, M. M. 2013. Optoelektronnyi datchyk sposterezhennia: Patent 80952 Ukraina, MPK F 24 J 2/12 (2006.01), G 01 N 21/17 (2006.01), G 02 B 1/02 (2006.01), opubl. 10.06.13. Biul. № 11 [Optoelectronic surveillance sensor: Patent 80952 Ukraine, IPC F 24 J 2/12 (2006.01), G 01 N 21/17 (2006.01), G 02 B 1/02 (2006.01), publ. 10.06.13. Bul. No. 11].

6. Bletskan, D. I., and Kabatsii, V. M. 2013. Optoelektronnyi modul sposterezhennia za rukhomym dzherelom svitla: Patent 80953 Ukraina, MPK F 24 J 2/12 (2006.01), G 01 N 21/17 (2006.01), G 02 B 1/02 (2006.01), opubl. 10.06.13. Biul. № 11 [Optoelectronic module for monitoring a moving light source: Patent 80953 Ukraine, IPC F 24 J 2/12 (2006.01), G 01 N 21/17 (2006.01), G 02 B 1/02 (2006.01), publ. 10.06.13. Bul. No. 11].

УДК 008-047.37(477.87):37.091.4Потушняк(045)

БАГАТОГРАННІСТЬ СПАДЩИНИ Ф. ПОТУШНЯКА В ДОСЛІДЖЕННІ ТРАДИЦІЙНОЇ КУЛЬТУРИ УКРАЇНЦІВ ЗАКАРПАТТЯ

Малець О. О., Малець Н. Б., Бабинець М. М.

THE VERSATILITY OF F. POTUSHNIAK'S HERITAGE IN THE STUDY OF THE TRADITIONAL CULTURE OF UKRAINIANS IN THE TRANSCARPATHIAN REGION

Malets Oleksandr, Malets Natalia, Babinets Miroslava

Федір Потушняк (1910-1960 рр.) є видатним діячем і творцем української культури і науки Закарпаття 40-50-х років ХХ століття. Його творча спадщина надзвичайно різнобічна, жоден з його попередників не мав такої широкої тематики етнографічних досліджень Закарпаття. Цілу низку праць вчений із закарпатського села Осій присвятив вивченню господарських занять, народної матеріальної і святково-обрядової культури, сімейно-родинних відносин закарпатців. Енциклопедично освічений гуманітарій (етнограф,



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>