

А *Судзі Накамура* у вересні 2006 р. був відзначений відомою премією "Millennium". Цю премію засновано в Фінляндії 2002 року за ініціативою Фінської академії технологій. Її присуджують раз на два роки. Це високопрестижна премія рівня Нобелівської (1 млн. євро). Достатньо сказати, що попереднім лауреатом (2004) був винахідник Інтернету *Тім Бернерс-Лі* (Tim Berners-Lee).

Діодні випромінювачі і нанотехнології

Описана вище технологія діодних випромінювачів — типовий приклад сучасної нанотехнології. З допомогою складної високовакуумованої і автоматизованої технологічної установки, де комбінуються нанесення шарів з прогамованим електронним опроміненням, надтонкі шари $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ товщиною близько 3 нм наносять по чергово з бар'єрними шарами GaN (близько 7 нм) на SiC-підкладку, що структурно близька до GaN. Так нині синтезують надгратки з випромінювальними $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -шарами.

Зазначимо, що такі продукти нанотехнологій не мають природних аналогів.

Випромінювальні $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ -шари при детальному розгляді виявляються істотно неоднорідними, а саме: у площині цих шарів спостерігаються острівкові скупчення In, у результаті чого утворюються квантові точки.

Отже, схематично описані вище гетероструктурні композиції є джерелами рекомбінаційного випромінювання в короткохвильовій ділянці спектра. За цього механізму в системі $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ маємо фантастично високу ефективність перетворення електричної енергії у світлову — близько 50% інтегрально (біле світло) і ще вище для певних спектральних складових.

Лазери нового покоління

Є одна науково-технічна галузь, де особливо успішно використовуються діодні випромінювачі. Це нове покоління твердотільних лазерів (ТТЛ) з діодним збудженням. Поперечне збудження напівпровідниковими діодними

випромінювачами або т.зв. напівпровідниковими діодними лінійками (рис. 4) на промисловому лазерному ринку за останні роки перевершило 50%. (Можливе також т.зв. позовдженне збудження, але воно складніше в реалізації і застосовується рідше).

Лазерна діодна лінійка — це компактний (шириною близько 10 мм) монолітний потужний випромінювач, виготовлений за технологією інтегральних схем. Вона містить близько 100 однакових лазерних структур. Типові параметри: інтегральна потужність випромінювання понад 100 Вт при струмі біля 100 А, к.к.д. перевищує 50%. Тривалість імпульса $\sim 10^{-4}$ с, частота повторення імпульсів близько 100 Гц.

Для збудження активних елементів залежно від їхньої конфігурації в ТТЛ можуть застосовуватися також двомірні діодні матриці, які можуть містити сотні або тисячі L-діодів.

Застосування монолітних або напівмонолітних конструкцій, що включають в одному елементі активне середовище, оптичний резонатор, а також компактну систему збудження з блоком керування — це явні переваги ТТЛ з діодним збудженням.

У чому переваги ДВ-збудження над ламповим? Відзначимо найголовніші з них.

1) При діодному збудженні к.к.д. на порядок вищий, ніж при збудженні імпульсними лампами. Це зумовлено двома причинами — високим к.к.д. діодних випромінювачів, а також вузьким спектром цих випромінювачів, який можна добре узгодити зі спектром поглинання активного середовища ТТЛ.

2) Завдяки малій інерційності діодних випромінювачів легко забезпечується стабілізація вихідних параметрів лазера та керованість цими параметрами.

3) Великий ресурс роботи (близько 10^5 годин).

4) Відсутність у спектрі випромінювання напівпровідникових діодів УФ-складової дозволяє збільшити термін придатності активних елементів, оскільки такі процеси, як виникнення центрів забарвлення та фотохімічні перетворення стають неактуальними.

5) За умови нині вже розроблених оптимальних інженерних рішень застосування діодного збудження дозволяє досягти значно вищої потужності генерації ТТЛ, ніж це було при ламповому збудженні. Це відкриває нові можливості наукових і технологічних застосувань лазерів нового покоління.

6) Твердотільні лазери з діодним збудженням можуть бути вельми малих розмірів, вони менш критичні щодо температурного режиму роботи.

Замість висновків

При з'ясуванні механізмів рекомбінаційного випромінювання в напівпровідниках ми вище вказали лише на міжзонну рекомбінацію носіїв. Проте дуже важливими є й інші механізми, оскільки легування та породження у міжзонному інтервалі локальних рівнів дозволяє цілеспрямовано впливати на структуру спектра вихідного випромінювання. Ці проблеми є цілком конкретними — підбір складу твердого розчину напівпровідника, вибір легуючих домішок, їх концентрацій, режимів імплантації тощо.

У цій статті немає змоги детально зупинитися на цих проблемах. Але без такої конкретики дослідник не матиме жодних шансів на успіх у цих складних технологіях. Берімо приклад з професорів *М. Голоняка*, *Ж. Алфьорова* та *С. Накамури*: успіх матиме той, хто фахово вникатиме у сутність явищ і в тонкощі технології. Поверховість і верхоглядство — нехай це буде не для нас!

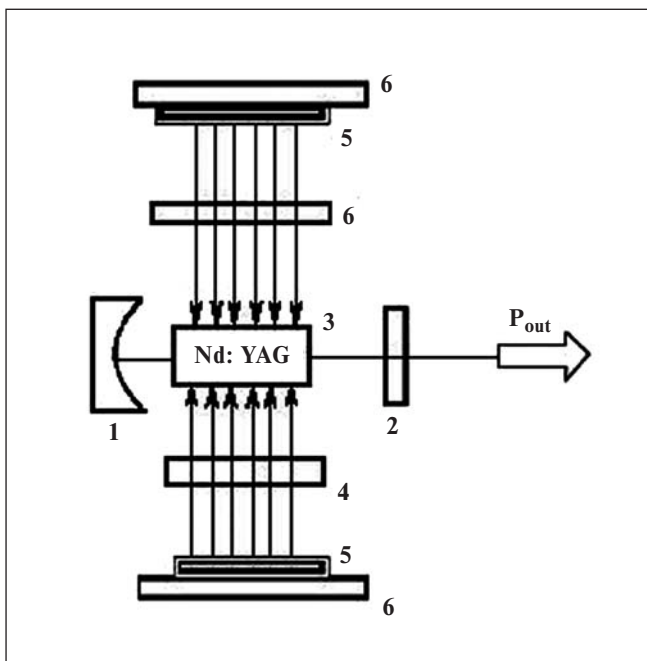


Рис. 4. Схема поперечного ДВ-збудження в неодимовому лазері.
1, 2 — дзеркала резонатора; 3 — активний елемент;
4 — циліндрична лінза; 5 — діодна лінійка;
6 — термостабілізатор

Борис Грабовський: ТВОРЕЦЬ УНІКАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ



Ціна людини визначається сумою її розумової та фізичної діяльності на благо своєї Батьківщини, народу, шкода лише, що я зробив так мало.

Борис Грабовський

До числа вчених, які залишили помітний слід в історії української науки та техніки, належить відомий фізик-експериментатор **Борис Павлович Грабовський**. На жаль, його ім'я майже не відоме, а винаходи приписані іншим. Він винайшов не лише електронний варіант телевізора, а й багато інших приладів, корисних людству, не оцінених свого часу.

Та хто ж він, **Борис Грабовський**? За участь у революційній народницькій організації його батька, видатного українського поета-демократа **Павла Арсеновича Грабовського** виключили із Харківської духовної семінарії та 1889 року заарештували. Після трьох з половиною років в'язниці він оселився в Якутії, а в жовтні 1898 р. поетові дозволили виїхати до Тобольська. Там Павло Грабовський одружився з молодою революціонеркою, яка також відбувала заслання, **Анастасією Миколаївною Лук'яною**. А 26 травня (8 червня н.ст.) 1901 року у них народився син. "...Дружина моя, шануючи Вас, назвала сина Борисом", — пише **Павло Грабовський** у листі до **Бориса Грінченка**. 29 листопада 1902 року Павло Арсенович помирає.

Борис народився з викривленим хребтом, тому до двох років був у гіпсовій пов'язці, а коли йому виповнилось п'ять років, мати з сином переїхали до Одеси, а пізніше до Харкова, де проживала бабуся Бориса. Поруч був будинок для сліпих, і хлопчик вже тоді думав, як створити такий пристрій, щоб сліпі могли бачити. В 1915 р. Анастасія Миколаївна вийшла заміж вдруге та виїхала до Середньої Азії. Онука виховувала бабуся, але після її смерті Борис Грабовський поїхав до мами. Проживали у Токмаку (Киризія). Там їх і застала Жовтнева революція. Юнака прийняли до комсомолу. Добровольцем пішов до Червоної Армії. Всю громадянську війну Борис пройшов з першою та четвертою Туркестанськими батареями [1]. Закінчив у Ташкенті радпартшколу та наполегливо займався самоосвітою. Мати бачила сина майбутнім поетом, вітчим — землеробом, але допитливий юнак обрав інший шлях, набагато складніший:

його цікавили радіотехніка, фізика, конструювання. "Пам'ятаю, як взяв маленький, яскраво розмальований човник, пускав його по калюжах або йшов до сусіда, який разом із синами будував моделі кораблів та, сидючи на стружках, міг годинами дивитися на їхню роботу. Мати говорила, що це в мене спадкове — її дід та прадід були винахідниками та мисливцями, які пристрасно любили зброю. Сама мати в молодості була сильною та відважною жінкою; один на один ходила на ведмедя тільки з клинком, не беручи з собою зброї, хоча влучно стріляла, — збиваючи із маузера кулю 7-8 тарілочок із 10 випущених...", — пише в автобіографії **Борис Грабовський** [2]. "Син поета ріс допитливим, був невгамовним фантазером і любив лише технічні іграшки, — свідчить друг родини Грабовських **Василь Мартинов**. — Дорослі дорікали дитині, що вона не береже їх. Тільки той, хто уважно придивлявся до малого Бориса, розумів, що хлопчик не навмисно псував свої іграшки, а прагнув дізнатися, як діють у них різні пружинки, коліщатка..." [3].

У 1917 р. Борис поступив у Туркестанський народний університет (перейменований у 1920 р. на Туркестанський державний університет, а у 1923-му — на Середньоазійський державний університет) на підготовче відділення і одночасно влаштувався лаборантом на фізико-математичному факультеті цього університету. Тут, у бібліотеці професора **Г. В. Попова** він вперше познайомився з працями **Бориса Львовича Розінга** в галузі електронної телескопії. Невдовзі **Б. Грабовський** створив основу передавача — катодний комутатор (1923 р.). Отримавши свою першу премію за винахід, відразу вирушив в Україну. В Харкові він вступає в медичний інститут, але, захворівши, не зміг продовжувати навчання і переїхав до тітки Сусанни в Саратов.

На підставі тривалих теоретичних пошуків та лабораторних випробувань у 1925 р. **Борис Грабовський** разом із фізиком **М. Г. Піскуновим** та інженером **В. І. Поповим** розробили проект повністю електронної системи телебачення (патенти № 5592 та № 16733) [4].

За ініціативою професора **Б. Розінга** вдалося переконати комісію в необхідності практичного експерименту. З ленінградським заводом "Світлана" була укладена угода на виготовлення діючого макета повністю електронної телевізійної установки. І ось тут у винахідників електронного телебачення починається неприємність. Відведений за угодою термін виготовлення апаратури був дуже коротким — тільки три місяці та виділені мізерні гроші. Незважаючи на різні перешкоди, все-таки вдалося підготувати трубку та інші електронно-вакуумні прилади. Під час демонстрації членам комісії електронна трубка не прийняла передане приладом зображення. Комісія вирішила припинити дослід.

І хоча перший практичний експеримент закінчився невдачею, його значення в історії телебачення велике: молоді винахідники зважилися створити повний електронний комплекс, включаючи і радіопередавач. Багато поданих ними ідей і сьогодні реалізуються в техніці передачі зображення на відстань. На цьому і закінчилася співдружність **Б. Грабовського** з **М. Піскуновим** і **В. Поповим** [5].

У 1926 г. Борис Павлович повернувся до Ташкента, а наступного року при управлінні Середньоазійського округу зв'язку була організована науково-технічна станція з виготовлення радіоустановок. Тут доля звела випробувача з лаборантом **Іваном Белянським**. Чутки про ташкентського винахідника-самоука долетіли до Самарканда — тодішньої столиці Узбекистану. Завдяки підтримці **Юлдаша Ахунбабєва** на підприємствах республіки на заявки винахідників виготовляли окремі вузли і деталі. На заводі "Світлана" (цього знову добився **Б.Л. Розінг**) випробовували електронні прилади (трубки і радіолампи), причому замовлення фінансував уряд Узбекистану. 26 липня 1928 р. відбулось випробування першого дослідного зразка "телевізора"; 4 серпня 1928 р. апаратуру розташували на розі вулиць Маркса і Леніна (тепер відповідно Сайілгох і Буяк Турон). На маленькому екрані (діаметр 12 см) було видно трамвай, що рухався, обличчя людей, різні предмети... Але доля знову готувала **Грабовському** і його винаходу суворі випробування. Знову припинилося фінансування. Апарат повинні були випробувати в Москві, в добре обладнаних лабораторіях, але цінний вантаж не довезли. До того ж зникли технічні щоденники **Грабовського**, схеми, креслення.

На жаль, доля телефота закінчилась невдачею, електронне телебачення назвали безперспективним. Телефот міг використовуватись не тільки в телебаченні, а й у військовій справі, в астрономії, для просвічування гірських порід, глибин океанів та в інших галузях науки та техніки.

Борис Грабовський багато зробив для розвитку електронного телебачення, — на жаль, його внесок не був належно оцінений, але слід згадати інші винаходи, які все ж таки знайшли використання в техніці: патент № 6157 — вакуумний пристрій підсилення струмів (1926); патент № 8433 — катодний осцилограф (1927); патент № 14632 — сегнетовий фотоелемент (1928); патент № 17382 — телефотографія (1928); патент № 10196 — світловий модулятор для телебачення (1928) та інші.

У Ташкенті Борис Грабовський прочитав багато лекцій про перспективи електронного телебачення та його використання в інших галузях [6].

4 квітня 1926 р. у Народному Палаці м. Саратова **Борис Грабовський** прочитав шістнадцяту лекцію (перша була прочитана 14 березня 1926 р.) на тему: "Бачення по радіо": 1. Здійснення радіокино (передача по радіо кінофільмів з одного міста в інше). 2. Стереоскопічне радіокино. 3. Повернення зору сліпим. 4. Музика та звуки голосу на екрані. 5. Просвічування гірських порід та глибин океанів. 6. Радіотелескоп (наближення небесних світил у мільйон разів). 7. Роль телефота у військовій справі та при обороні Республіки.



Особливу увагу **Борис Грабовський** звертає на проблему повернення зору сліпим. Ще на початку ХХ ст. почали з'являтися перші проекти приладів для штучного зору сліпих [7]. Після Першої світової війни кількість проектів значно зросла. Свій внесок у розв'язання проблеми повернення зору сліпим зробив і український винахідник **Борис Павлович Грабовський**, який у автобіографії пізніше написав: "Восени 1925 р. нас відрядили в Москву, потім в Ленінграді ми розробили телефон і теоретично, і практично, а також написали про світлочутливість шкіри людини — фосфени та накреслили апарат для сліпих, який представляє собою видозміненню телефону, сполученого з катодним комутатором, який був названий спочатку "камертонний телефот", а потім віброфосфенний апарат "Гном"..."

Досліджуючи винахідницьку діяльність **Грабовського**, пов'язану з окулярами, знаходимо листи, адресовані **Веніаміну Івановичу Резніченку**, людині, яка дуже шанувала його батька, Павла Арсеновича Грабовського, та свого часу допомогла і Борисові. В одному з листів **Б. Грабовський** дякує **Резніченку** за статтю [8] та просить написати детальніше про роботу зі сліпими (текст наводимо за оригіналом).

"Сліпі бачать."

В багатьох журналах та газетах теперішнього часу опісано, як, дякуючи працям Радянських вчених, доведено, що сліпі можуть бачити, навіть читати кінчиками пальців і впізнавати квіти. Тепер це вже нікого не здивує. Як всім відомо. Але мало хто знає, хто є піонером цього діла. Де, в якій країні і місті родилось це чудове відкриття нашого століття. Загиблює в минуле. Йшов 1912 рік. В Харкові навпроти Миколаївської лікарні в будинках для дешевих квартир, побудованих на пожертвувані гроші євреєм А.І. Юзефовичем, живе 11-літній хлопчик Борис Пав. Гр., син відомого поета революціонера Павла Гр. з матір'ю та бабусею. Навчившись від матері робити феєрверки і бенгальські вогні, він з пристрасстю віддавався цій справі. Тратив на неї всі свої хлопчачі зао-

щадження. В теплі літні вечори він запалював перед порогом свої бенгальські вогні. В сусідній квартирі жила артія сліпих чоловіків та жінок, які плели корзини. Їхнім начальником був сліпий Журба. Енергійний старший українець. Всі сліпі дуже полюбили дивитись феєрверки. Хлопчик вирішив, що сліпі просто обдурюють його. І насправді вони зрячі. Щоб перевірити це, він в один літній день роззв'язав і (благо двері були відчинені) ввійшов у кімнату сліпих. Але останні прийняли його за пограбувача та сильно надерли його вуха. В той час увійшла мати. Взнавши, в чому справа, всі стали сміятись і заспокоювати хлопчика. Сліпі пояснили, що відчувають світло шкірою лоба. Напр. світло сонця. Але хлопчик сказав, що тепло сонця можна відчувати, закривши очі. Тоді мати принесла плоску велику пляшку з водою і, поставивши на шляху сонячного проміння перед сліпим, стала рухати рукою, причому більшість сліпих чудово помічала руку і напрям її руху. Таким чином в 1912 році була відкрита світлочутливість шкіри людини. І батьківщиною цього став Харків (Україна). Йшли роки... Але дві мрії стояли перед ним. 1) Створити апарат для передачі зображень на відстані. 2) Дати зір сліпим...

В 1928 р. був побудований перший у світі електричний апарат для орієнтації сліпих, потім у 1948 р. Грабовський в Ленінграді проводить досліді зі сліпими. Перший апарат Гр., зроблений в Ташкенті, називався "Камертонний телефон". Він складається із передавача телефото (телевізора) сполученого з катодним комутатором. Імпульси зображення передані телевізором, передавались катодному комутатору. А від нього в панель, яка надіта на чоло сліпого і складається або з маленьких лампочок розжарювання, або з маленьких вібраторів.

Найцікавішим був сліпецький апарат Грабовського. Він складався з наперстка та вставленої в нього лінзи, яка відкидала на палець світлове зображення. За допомогою цього простого апарата сліпі не тільки бачили зображення, але й відрізняли кольори... Апаратик "наперсток-око" дуже дешевий та надзвичайно простий... "Лист надіслані 26 грудня 1964 р.

За свої винаходи в галузі оптики **Борису Павловичу Грабовському** видано авторські свідоцтва: № 81680 — фотокамера системи Грабовського і Белянського, 29. 03. 1949 р.; № 87486, № 86858, № 87487 — дзеркальні окуляри для сліпих з бильмом системи Грабовського і Белянського, датовані відповідно 27. 06. 1949 р., 01. 07. 1949 р.; № 86853 — призматичні окуляри для сліпих з помутнілою роговицею.

У листі, надісланому 13 січня 1965 р., **Борис Грабовський** описує свій винахід під назвою "наперсток-око": "...Опис додаткової заявки, до заявки № 866000/31 -16; від 18-го листопада — 1963 р. Наперсток-око.

Суть приладу в тому, що на кожен палець руки одягається металевий чи пластмасовий наперсток. Крім великого пальця, на який одягається наконечник і один наперсток. Кожен з наперстків складається з одного наконечника і двох (крім великого пальця) наперстків, сполучених між собою шарнірно. На кожній фаланзі пальця є по одній лінзі. На кінчику пальця дві лінзи. Для чіткого зображення лінзи виготовлені ахроматичні. Лінзи є чотирьох видів. 1) Ахроматичні лінзи, які крім всього видимого (просто оком) спектра пропускають

також ультрафіолетові та інфрачервоні промені. 2) Ахроматичні лінзи для великого спектра інфрачервоних променів. 3) Ахроматичні лінзи для великого спектра ультрафіолетових променів. 4) Тільки для видимого спектра. Використання лінз різних спектрів, притому в кількості всіх лампочок = 38 шт. дасть більше та точніше сприйняття як у видимих променях спектра (що властиве більшості сліпим), так і в невидимих променях спектра. Для зору в темноті (звичайно, тільки для нашого ока) та крізь непрозорі предмети...

Горе сліпих людей не давало спокою Б. П. Грабовському. І разом з **В. А. Швембергером** він розробив фотофон — спеціальну фотоелектроручку. Кожна літера фіксувалась фотоелементом. Якщо повільно водити вздовж друкованого рядка, це спричинює зміни електричного струму, а у мембрані виникають звуки, особливі для кожної літери. А якщо текст книги надрукувати спеціальним звуковим записом, це дасть змогу сліпим не тільки читати, а й почути людську мову [9].

Високу оцінку дав цим окулярам спеціаліст з оптики, член-кореспондент АН СРСР Д. Д. Максудов, але, на жаль, винахід не знайшов використання.

"Таким чином, з'ясуємо точні дати: в 1923 році був виготовлений катодний комутатор, в 1925 виготовлений телефон та написана теорія фосфенів та сліпецького апарату; в 1926 р. проведені перші досліді з телефоном, а також лекції з телефону, фосфенів та сліпецького апарату. Таким чином, період з 1923 по 1925 є періодом народження цих приладів, Батьківщиною яких є СРСР" — рядки з автобіографії **Грабовського**. Після цих невдач, які спіткали і телефот, і окуляри для сліпих, **Борис Грабовський** важко захворів. З 1933 р. проживав у Фрунзе (Бішкеку), працював електротехніком на підприємстві. У 1940-х рр. навчався на фізико-математичному факультеті Киргизького педінституту. До кінця свого життя займався винахідництвом. Побудував малолітражний гелікоптер, трикрилий планер, маску для плавання під водою, сконструював прилад для орієнтації сліпих, апарат для глухонімих.

Запатентовану ним ідею отримання катодного променя було успішно використано в Інституті електрозварювання. Про це писав йому особисто академік **Борис Патон**. А визнання **Бориса Грабовського** як винахідника електронного телебачення сталося 23 грудня 1963 р., коли він дістав листа з Державного комітету з радіоелектроніки, в якому зазначалося: "Ваш пріоритет на одержання рухомого зображення за допомогою "Апарата для електронної телескопії" незаперечний, а факт видачі патенту юридично скріплює пріоритет за авторами винаходу". Помер автор одного з найбільших відкриттів ХХ ст. у 1966 р. у Бішкеку, Киргизія.

У 1977 р. у Ташкенті засновано Музей електронного телебачення імені Бориса Грабовського. Є музей його імені і в Тюменському індустріальному інституті, а також у селі Пушкарному (тепер імені Грабовського) на Сумщині. Заслуги **Б. Грабовського** були визнані ЮНЕСКО і Міжнародною спілкою преси з радіотехніки і електроніки [10-12].

*Олена Вісін,
канд. істор. наук, м. Луцьк*

Література

1. Грабовская Л. Телефот, патент № 5592 // Урал. — 1978. — № 7.
2. **Б.П. Грабовский** — изобретатель телефота. Сборник документов. — Ташкент: "Узбекистан", 1989. — 198 с.
3. **Машенко І.Г.** Українське телебачення. Штрихи до портрета. — К., 1995. — 294 с.
4. **Попов В.И., Грабовский Б.П., Пискунов Н.Г.** Аппарат для злектрической телескопии. Патент (П) № 5592 от 30 июня 1928 г. (Заяв. свид. № 4899 от 9 ноября 1925 г). Оpubл.: Вестник Комитета по делам изобретений (ВИ). — 1928. — № 6. — 861 с. Витяг з опису (Витяг): ВИ. — 1929. — № 1. — С. 119-120.
5. **Баранцев А.И., Урвалов В.А.** У истоков телевидения. — М: Знание, 1982. — 64 с.

6. **Грабовский Б.П.** Видение по радио (лекция). — Саратов, 1926.
7. **Розинг Б.Л.** Об искусственном зрении слепых // Вестник комитета по делам изобретений. — 1930. — № 3 (65).
8. **Різниченко В.** Помилка Мітчела Уілсона // Соціалістична Харківщина. — 1964. — № 232 (11489).
9. **Назаревський М.** Винахідник — син поета... // Україна. — 1965. — № 18.
10. **Сушенко О.** ЮНЕСКО пам'ятає те, що забули українці // Пік. — 1999. — № 22.
11. **Машенко І.** Творець "електронної музи" // Дзеркало тижня. — 2001. — 26 трав.-1 черв. — С. 18.
12. **Вісін О.О., Шендеровський В.А.** Доля унікального проекту Бориса Грабовського // Вісник Харк. Політ. Інст. — 2008. — №8.