

ва, вузлів і агрегатів транспортних засобів заслуговує на високу оцінку.

У результаті кількарізного реформування структури управління міським господарством Київський завод електротранспорту було виведено зі складу “Київелектротрансу” і підпорядковано безпосередньо Головному управлінню транспорту міської держадміністрації. З того часу завод став занепадати, а спеціалісти — розбігатись. Невдовзі завод було акціоновано і ... остаточно зруйновано. На папері завод ще ніби існує, а фактично його вже нема. Перш за все акціонери розібрали заводську під'їзну трамвайну колію, чим припинили подачу в ремонт трамвайних вагонів. Потім звільнили від заводського персоналу адміністративно-побутовий корпус і реконструювали його під виставковий комплекс.

Київський завод електротранспорту, головним призначенням якого був ремонт рухомого складу, часто компенсував прорахунки державних мужів у забезпеченні міст транспорт-

ними засобами, виготовляючи їх власними силами за власними розробками. Він же започаткував тролейбусобудування в Україні. Тут виготовлено понад 3000 тролейбусів різних моделей, а ще близько 700 пасажирських та спеціальних трамваїв.

1 травня 2006 р. завод мав би відзначити своє 100-річчя, але про це вже ніхто не згадував. Такий кінець колишнього флагмана українського тролейбусобудування.

Не збереглися й зразки тролейбусів, виготовлених Київським заводом електротранспорту до 1990 р. (їх можна побачити лише на фотографіях). Адже збереженню зразків вітчизняної техніки в Радянському Союзі приділяли мало уваги. Спрацьовану техніку просто списували в брукт. Не поспішає змінити цю тенденцію на краще й незалежна Україна. Тому треба якнайскоріше створити Національний політехнічний музей, де б зберігались і належно утримувались вітчизняні пам'ятки науки і техніки.

1. Дьяконов В.К. Первый в России / В.К. Дьяконов, М.А. Ольшанский. — К.: Будівельник, 1967. — 142 с.

2. Ольшанский М.А. Киевский троллейбус / М.А. Ольшанский, М.З. Мостовой, К.А. Брамский. — К.: Реклама, 1985. — 24 с.

3. Бейкул С.П. Київський трамвай / С.П. Бейкул, К.А. Брамский. — К.: Будівельник, 1992. — 96 с.

Київнастрас

Ол.Ю. Колтачихіна

Ранні дослідження в галузі оптичного запису інформації в Україні (60—70-ті роки ХХ ст.)

Оптичний запис інформації — науково-технічний напрям, який вивчає процеси запису інформації, що переноситься оптичним випромінюванням. Запис здійснюється на но-

сіях — фізичних тілах, які використовуються для збереження в них чи на їх поверхні інформації. Оптичне випромінювання, модульоване сигналами інформації, що записується,

діє на оптичний носій даних (фотоплівку, оптичний диск, фотохромний матеріал, феромагнітну плівку), створюючи в ньому стійкі локальні зміни фізичних властивостей (коефіцієнт відображення чи поглинання, кольору, намагніченості), які відповідають записуваному сигналу. При відтворенні відбувається зворотний процес: зчитуючий промінь, взаємодіючи з носієм, модулюється по інтенсивності й потім з нього виділяються сигнали інформації. Оптичний запис інформації може включати в себе також додаткову обробку носіїв (проявлення, закріплення, зміну розмірів). Існують такі способи оптичного запису: аналоговий, побітовий, голографічний.

60–70-ті роки ХХ ст. відзначаються дослідженнями з оптичного запису інформації. Це насамперед дослідження фотографії, які були розпочаті ще в 30-ті роки вихідцем з Росії Е.Голдбергом (1881–1970). У 1906 р. у Лейпцизькому університеті він захистив дисертацію з кінетики фотохімічних реакцій. У 1917 р. Е.Голдберг став директором «Ica AG» в Дрездені. Пізніше ця фірма була об'єднана із

«Contessa-Nettel, Ernemann, Goertz i Hahn» в корпорацію «Zeiss Ikon AG», директором якої був Е.Голдберг. Крім того, він був також професором Інституту наукової фотографії Технічного університету в Дрездені [1]. У 1936 р. Е.Голдберг провів дослідження з оптичного запису інформації на фотоемульсіях мікрофотографії, в яких була досягнута гранична густина запису інформації для двовимірного запису 10^8 біт/см² [2]. Мікрофотографії мають високу роздільну здатність й інформація на них може зберігатися десятиліттями. Однак цей спосіб не дістав поширення для обробки інформації через труднощі вибірки мікрофотографічної інформації.

В Україні також проводилися дослідження фотографії. У 1930 р. український фізик Е.А. Кирилов (1883–1964) відкрив явище зменшення струму під дією світла та показав, що воно пов'язане з утворенням прихованого зображення. Через чотири роки під його керівництвом науковці Одеського університету розпочали дослідження оптичних і фотоелектричних властивостей кристалів галогенідів срібла



Е. Голдберг



Е.А. Кирилов

та механізму прихованого фотографічного зображення [3, с. 24—25]. Після Великої Вітчизняної війни вони вивчали властивості фотографічних шарів, природу фотографічної чутливості та механізми утворення прихованого зображення. Було встановлено, що максимум спектрального розподілу ефекту підсилення співпадає з максимумом спектральної світлочутливості. Це дало можливість пов'язати механізм світлочутливості з первинним фотографічним процесом. У повоєнні роки Е.А.Кирилов провів ряд досліджень спектрів поглинання галоїдного срібла у видимій, інфрачервоній і ультрафіолетовій областях, структури спектрів поглинання бромистого і йодистого срібла, хлористого і бромистого талію. Він виявив у них тонку структуру смуг поглинання фотохімічного забарвлення та прихованого зображення. За це відкриття Е.А. Кирилову в 1952 р. було присуджено Державну премію СРСР [3, с. 25].

Хоча вивчення фотографії проводилося ще починаючи з 1930 р., але свого значного розвитку воно зазнало лише наприкінці 70-х років ХХ ст. з винаходом пристрою із зарядовим зв'язком. У 1969 р. відбувся значний крок у дослідженнях: світло почали реєструвати за допомогою електронних пристроїв, а не фотоплівки. Це стало можливим завдяки винаходу У. Бойлем та Дж. Смітом першої успішної технології реєстрації зображень з використанням цифрового детектору — пристрою із зарядовим зв'язком, або ПЗЗ-матрицею [4]. Це забезпечило в свою чергу розробку та використання діагностичних методів та пристроїв для медицини та геології; дослідження зорової системи людини; розробку методів обробки зображень для архітектури, методів

візуалізації даних, методів оцінки нормального та патологічного станів серця тощо.

У 1960 р. виникають лазери — потужні джерела когерентного випромінювання, які змінювали оптичні характеристики середовища: показник заломлення, коефіцієнт поглинання. Завдяки лазеру стало можливим практичне застосування голографії — методу запису та відновлення хвильового поля, заснованого на реєстрації інтерференційної картини. Поява лазерів уможливила також створення оптичного зв'язку — передачу інформації електромагнітними хвилями оптичного діапазону, побудову волоконно-оптичних ліній передачі інформації [5, с. 1351]. Передбачалось, що лазери забезпечать збільшення швидкості передачі інформації. «Створення лазерів у 60-х роках вселило в телекомунікаційне співтовариство віру в те, що воно стоїть на порозі створення оптичних систем зв'язку. — зазначає Ч. Као. — Новим носієм інформації мало стати когерентне світло, яке забезпечує швидкість передачі інформації в 10^5 разів вищу, ніж у виділеній НВЧ-лінії передачі... Почалося змагання між циліндричними НВЧ-хвилеводами та оптичним зв'язком, причому значна перевага була на боці перших... Оптичні системи уявлялися нездійсненою ідеєю. Я тим не менш вважав, що у лазерів є потенціал... Щоб оптичний зв'язок виправдав очікування, необхідно вирішити чимало складних задач» [5, с. 1351].

Спочатку лазери були використані для передачі інформації через вільну атмосферу. Однак погодні умови значно впливали на поширення світла в атмосфері. Тому подальші експерименти використання лазера в передачі інформації проводилися в закритих

пристроях — світловодах. Так, у 1964 р. японський вчений Д. Нісідзава вперше застосував оптичне волокно в телекомунікаціях та заклав принципи передачі даних, у тому числі вказав, як з'єднувати оптичне волокно з устаткуванням, що передає та приймає [6]. Однак серйозною проблемою залишалося швидке послаблення сигналу в оптичному волокні. Це обмежувало його передачу на великі відстані. Проблема була вирішена через два роки Ч.К. Као та Дж. Хокемом. Вони вивчили різноманітні оптичні процеси в склі та розраховали, як передавати світло на значні відстані по оптичному скловолокну [7]. Використання волокон з високочистого скла дозволяло передавати світлові сигнали на 100 км, тоді як волокна, які були доступні в 1960-ті рр., дозволяли це зробити лише на 20 м. Результати своїх досліджень вчені виклали у статті «Діелектричні волоконні поверхневі світловоди для оптичних частот» [7]. У ній вони показали, що загасання сигналу в оптичному волокні відбуваються через наявність у ньому домішок. На сьогоднішні дані волокна використовуються як датчики вимірювання температури, тиску, напруги та інших параметрів у гідролокаційних, сейсмічних і лазерних приладах, для освітлення, формування зображень, у медицині.

У 60–70-ті роки ХХ ст. також постає проблема створення «єдиного» носія інформації — оптичного диска. Оптичний носій інформації повинен був забезпечити більшу ємність та значно менші розміри в порівнянні з магнітними носіями інформації. На першому радянсько-американському семінарі у Вашингтоні представник дослідного центру фірми ІВМ Р. Ландауер у доповіді «Оптична логіка та пам'ять з оптичною вибіркою» пози-

тивно оцінив застосування лазерів у пристроях зв'язку, обробки інформації та оптичної пам'яті, однак висловив думку, що створення пристроїв оптичної оперативної пам'яті залишається проблематичним у зв'язку з відсутністю необхідних реверсивних середовищ [8, с.7]. Протягом цих років було розроблено принципи оптичного запису інформації та запропоновано значну кількість матеріалів для використання в якості реєструючих середовищ (сегнетокераміка, LiNbO_3 , KNbO_3 , LiTaO_3 , KTaNb_1O_3 (КТН), $\text{SrBaNb}_2\text{O}_6$ (HSB), силікат $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$, германат вісмуту $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$, NaF). У цей період не існувало систем оптичної пам'яті, які б успішно замінили існуючі пристрої магнітної пам'яті великої ємності [9]. «У 1960 рр. оптичні системи здавалися нездійсненою ідеєю», — пише засновник оптичного зв'язку Нобелівський лауреат Ч.К.Као [5, с.1351].

У 1965 р. американський дослідник Дж. Рассел винайшов перший оптичний носій інформації — цифровий компакт-диск, першочерговою завданням якого було збереження аудіо-записів у цифровому вигляді. Працюючи фізиком у лабораторіях «General Electric» в Річленді, Дж. Рассел одним з перших використав екран кольорового телевізора та клавіатуру в якості єдиного інтерфейсу між комп'ютером і оператором. Вивчаючи системи, що записуватимуть та відтворюватимуть звуки без фізичного контакту між частинами, він доходить висновку, що таку систему можна створити, використовуючи світло. Так виник перший цифровий компакт-диск, але запатентований він був тільки в 1970 р. [10].

Протягом 1973—1976 рр. інженери компаній «Philips» та «Sony» одержали дозвіл на розробку аудіодиска.

У 1977—1978 рр. фірми отримали перші прототипи цифрової звукової системи за допомогою лазерних відеодисків [11, с. 2]. Цифровий компакт-диск компаній «Philips» та «Sony» був подібний до цифрового компакт-диску Дж. Рассела, про який вони сказали, що «це досить добре для зберігання даних, але не можна застосувати його для відео та аудіо» [10].

У 1977 р. на Токійській аудіовиставці був представлений прототип аудіодиска «Mitsubishi», «Hitachi» та «Sony». В Японії 35 виробників уклали конвенцію про аудіо стандарт. «Philips» було запропоновано стандартизувати формат на світовому ринку. Підрозділом компанії було встановлено, що найкращим матеріалом в якості основи компакт-диска є полікарбонат [12].

Істотний внесок у сучасні технології зберігання та розповсюдження інформації на оптичних дисках було зроблено також українськими вченими. Зокрема, співробітники Інституту кібернетики та Інституту напівпровідників АН УРСР запропонували та розробили високороздільні світлочутливі матеріали, які дозволили розгорнути роботи з оптичного запису інформації [13; 14].

У 1966 р. в Інституті напівпровідників АН УРСР М.Т. Костишиним, Є.В. Михайловською та П.Ф. Романенком відкрито явище тонкоплівкових систем «напівпровідник—метал» [15]. Воно полягало в тому, що на скляну підкладку напилюванням у вакуумі наносився тонкий шар металічного срібла, а на нього зверху — шар аморфного напівпровідника. Товщина плівок становила 0,02—0,05 мкм. Під дією світлової плями від сфокусованої лампи розжарювання відбувалася зміна кольору нанесених плівок. «Відразу стало очевидним, що на такому над-

чутливому матеріалі можна реєструвати зображення з розмірами десяти і навіть сотих часток мікрона», — писав член-кореспондент НАН України В.В. Петров [15, с.5].

У 1969 р. співробітники Інституту кібернетики АН УРСР (В.В. Петров, О.П. Токар, В.А. Леонцев, І.І. Карпиков, А.Д. Кравченко та ін.) та Інституту напівпровідників АН УРСР (М.Т. Костишин, П.Ф. Романенко, Є.В. Михайловська та ін.) запропонували, розробили та дослідили світлочутливі матеріали високої роздільної здатності на базі халькогенідних напівпровідникових матеріалів [14; 16—18]. Дослідження показали, що можливо отримати високу щільність запису на даних матеріалах. Так, проєкційним методом із використанням імерсії було записано елементи із субмікронними розмірами 0,2—0,3 мкм та електронно-променевим експонуванням — 0,07—0,08 мкм [19, с.23].



В.В. Петров

Дослідження систем оптичного запису, проведені під керівництвом В.В. Петрова, були підтримані академіками АН України В.М.Глушковым і Г.Є. Пуховим. Інститут кібернетики АН УРСР тісно взаємодіяв з Інститутом електродинаміки АН УРСР щодо запису інформації, і подальші дослідження в цьому напрямку відбувалися в Інституті електродинаміки АН УРСР. Так, на початку 70-х років в Інституті електродинаміки АН УРСР В.В. Петровим, О.П. Токарем, В.А. Леонцем, А.А. Крючиним, Л.І. Крючиною було розроблено та виготовлено перші пристрої запису й відтворення даних на оптичний диск [20, 21]. У них було реалізовано такі технічні рішення, як запис крізь прозору підкладку, використання систем автоматичного фокусування та світлочувливих матеріалів з одноразовим записом [22, 23]. У перших дискових носіях інформації використовувалося реєструюче середовище «напівпровідник—метал» [19, с. 24; 20]. На рис.1 зображено перший дисковий оптичний запам'ятовуючий пристрій, в якому для запису даних використовувався гелієво-неоновий лазер. На ньому було здійснено запис аудіоінформації за допомогою методу широтної імпульсної модуляції зі швидкістю 150 Кбайт/с. Запис да-



Рис.1. Перший дисковий оптичний запам'ятовуючий пристрій

них здійснювався на реєструюче середовище «напівпровідник—метал». Було встановлено підвищення світлочувливості реєструючого середовища «напівпровідник—метал» у процесі експонування лазерними імпульсами тривалістю 10^{-5} – 10^{-8} с [19, с. 24; 24].

«Проведені в 1973–1975 рр. дослідження процесів оптичного запису сфокусованим лазерним випромінюванням світлочувливих матеріалів на базі халькогенідних склоподібних напівпровідників, методів напилювання багатокомпонентних напівпровідникових матеріалів дозволили створити технологію виготовлення оптичних носіїв з одноразовим записом і багаторазовим відтворенням даних типу WORM (кількість послідовних зчитувань понад 10^6 разів). Дослідження оптичних властивостей, профілю поверхні, шорсткості показали доцільність використання для виготовлення підкладок оптичних носіїв силікатного скла, одержаного методом флоат-процесу», — зазначав В.В. Петров [19, с. 25].

23 січня 1976 р. при Інституті електродинаміки АН УРСР було організовано проблемну науково-дослідну лабораторію оптичних запам'ятовуючих пристроїв, керівником якої було призначено В.В.Петрова. Її основною задачею було створення оптичного запам'ятовуючого пристрою ємністю 10^{10} біт.

У лабораторії А.А. Крючиним, Г.Ю. Юдіним і Т.І. Сергієнком було розроблено метод термоіонного напилення багатокомпонентних халькогенідних напівпровідників [19, с. 26; 25]. Це дозволило отримувати реєструючі середовища для носіїв типу WORM, які мали високу надійність зберігання даних. У лабораторії також проводились роботи по створенню першого

оптичного диска для обчислювальних машин ЄС 5150 [15, с.8; 19, с.27]. Найбільшу зацікавленість щодо його створення було виявлено головними конструкторами Мінрадіопрому СРСР, генеральним директором ЦКБ “Алмаз” академіком Б.В. Бункіном та генеральним директором ЦНДІ “Комета” академіком А.І. Савіним. Колективом лабораторії разом з підприємствами Мінрадіопрому (Науково-дослідний центр електронної обчислювальної техніки, Науково-дослідний інститут обчислювальної техніки, Кам’янець-Подільський завод “Електроприлад”, Канівський завод “Магніт”), Інститутом металофізики, Інститутом надтвердих матеріалів, Інститутом проблем матеріалознавства, Інститутом проблем машинобудування АН УРСР та 15 підприємствами інших відомств було розроблено і захищено технічний проект оптико-механічного запам’ятовуючого пристрою ємністю 10^{10} біт для єдиної системи ЕОМ (ОМЗП ЄС 5150).

Оптичний дисковий запам’ятовувачий пристрій ЄС 5150 дозволяв здійснювати запис/відтворення даних зі швидкістю 6,4 Мбіт/с [19, с.27]. Для запису та відтворення інформації використовувався твердотільний лазер з подвоєнням частоти. Для отримання високої точності роботи системи позиціонування, мінімального радіального биття дискового носія інформації, високої швидкодії виконавчого механізму системи автоматичного фокусування використовувалися аеростатичні напрямні. Перші експериментальні зразки ЄС 5150 (рис.2) виготовлялися на Канівському заводі «Магніт».

У лабораторії було створено кооперацію з розробки лазерів і модулаторів, математичного забезпечення та контролерів, матеріалів для запису інформації та об’єктивів. Вдалося знайти якісні скляні підкладки для того, щоб вартість оптичних дисків була невелика. Це було скло, яке масово виготовлялося для вітрових стекол за методом флоат-процесу. Також було створено системи обертання та переміщення.

Перехід на аеростатичні системи дозволив радикально змінити уявлення

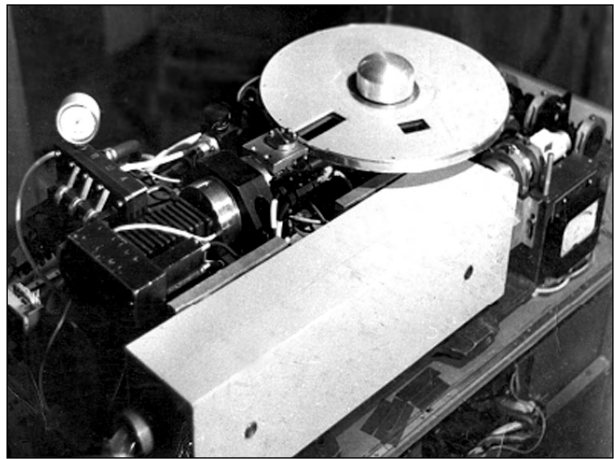
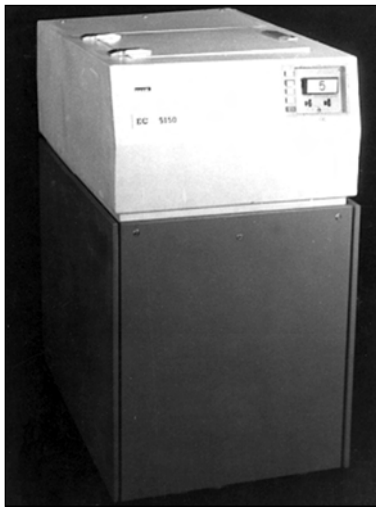


Рис. 2. Загальний вигляд накопичувача ЄС 5150

про можливу точність позиціонування при обертанні чи переміщенні об'єктива по інформаційній доріжці шириною 0,6–0,7 мкм [15, с.9]. Було розроблено ряд нових вузлів, систем, матеріалів, технологічних процесів, необхідних для створення ОМЗП, та конструкторська документація, розпочато виготовлення дослідних зразків ОМЗП.

У 1977 р. була висловлена ідея оптичного диска як «єдиного носія інформації», яка була викладена М.В.Горшковим та В.В.Петровим у вигляді доповіді «Оптичний диск як «єдиний» носій інформації в системах управління» на Всесвітньому електротехнічному конгресі в Москві [26]. У доповіді особлива увага приділялася системі розповсюдження інформації. Було вказано умови, за яких можуть бути реалізовані можливості оптичних дисків: висока механічна міцність носіїв та захист інформації, що записана на них, від пошкодження, тиражування носіїв. Поняття «єдиного носія інформації» багато в чому перегукується зі стандартними компакт-дисками.

Через два роки після доповіді В.В. Петрова та М.В. Горшкова у 1977 р. на Всесвітньому електротехнічному конгресі в Москві за наказом міністра радіопромисловості СРСР базовим заводом для впровадження оптичного дискового запам'ятовуючого пристрою ЄС 5150 був визначений Кам'янець-Подільський завод «Електроприлад» [15, с.9]. На той час він займався виготовленням накопичувачів на магнітних дисках. Було здійснено випуск конструкторської документації накопичувача. Начальник СКБ заводу «Електроприлад» Д.К. Матковський, завідувач відділу Л.О. Беляков, конструктор В.Ж. Кабернік виготовили дослідні зразки ЄС 5150 і провели їх випробування.

У накопичувачі використовувався оптичний дисковий носій ЄС 5350 із двома робочими поверхнями. Ємність однієї з них становила 1250 Мбайт. Для захисту реєстрального середовища від механічних пошкоджень і забруднення пилом у носії було використано конструкцію з двома скляними підкладками. Герметизація об'єму між підкладками плівковим клеєм дозволяла захищати поверхню реєстрального середовища. На рис.3 зображено загальний вигляд дискового оптичного носія ЄС 5350.

У наступні роки продовжувався розвиток наукових ідей оптичного запису інформації, з'явилася ідея запису інформації на циліндр (1988–1991), яка дала можливість використання напівпровідникового лазера та створення носіїв інформації для довготривалого збереження, а також менші габарити. Також В.В.Петровим було завершено розробку першого вітчизняного накопичувача інформації на оптичних дисках ЄС 5150 зі змінним оптичним диском ємністю 2500 Мбайт (1985). Виконано дослідження з розробки нових реєструючих середовищ, методів копіювання та перезапису інформації, нових елементів та вузлів оптико-механічних запам'ятовуючих пристро-

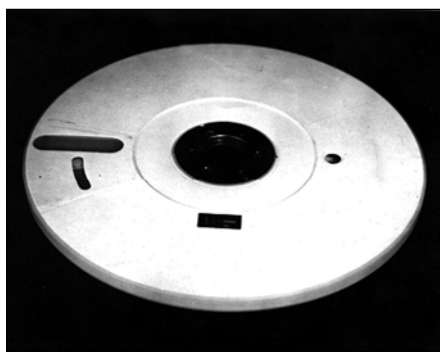


Рис. 3. Загальний вигляд дискового оптичного носія ЄС 5350.

їв, методів підвищення достовірності записаної інформації [19, с. 29].

Дослідження 60—70-х років ХХ ст. зосередились в спеціалізованому Інституті проблем реєстрації інформації НАН України з 1987 р.

70-ті роки ХХ ст. також відзначилися роботами, які були пов'язані з безсрібним записом оптичної інформації на забарвлених лужно-галоїдних кристалах [27]. Вони проводились у Науково-дослідному інституті фізики Одеського університету під керівництвом А.Ю. Глаубермана. Роботи сприяли створенню теоретичних уявлень про механізми запису оптичної інформації у лужно-галоїдних кристалах та халькогенідних склоподібних напівпровідниках. Крім того, вони мали широке практичне застосування для виготовлення різних оптичних елементів на основі об'ємних голограм з високою дифракційною ефективністю [27].

Роботи А.Ю. Глаубермана були продовжені професором В.М. Білоусовим. Протягом 1975—2003 рр. ним було проведено ряд робіт для вивчення та оптимізації механізмів запису оптичної інформації в середовищах на основі галогенідів срібла [27]. Він виділив в окремий

напрямок роботи Науково-дослідного інституту фізики Одеського університету — голографічний запис оптичної інформації та отримання голографічних оптичних елементів для лазерних вимірювальних систем (група М.Г. Д'яченко, А.В. Тюрин, В.Є. Мандель).

«Сьогодні оптичний зв'язок, — пише Ч.К.Као, — це не просто технічне досягнення. Він сприяв великим змінам у суспільстві. Оптичний зв'язок буде продовжувати змінювати те, як люди навчаються, як живуть та спілкуються між собою, а також те, як вони працюють. Наприклад, всі елементи та частини єдиного виробу можуть виготовлятися в багатьох місцях по всьому світу, надаючи великі можливості людям у всьому світі. Доступність інформації привела до великої рівності та більш широкій участі в суспільних справах» [5, с.1355]. На сьогодні оптичні диски, як і прогнозувалося на початку 70-х років ХХ ст., стали основним засобом масового розповсюдження інформації на машинних носіях. Вчені України поступово включилися в процес розповсюдження баз даних, програмного забезпечення навчальних курсів на оптичних дисках.

1. Michael K.B. Emanuel Goldberg, Electronic Document Retrieval, And Vannevar Bush's Memex / K.B.Michael // Journal of the American Society for Information [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://people.ischool.berkeley.edu/~buckland/goldebush.html>.

2. Goldberg E. A New Process of Micro-photography / E. Goldberg // British Journal of Photography. — 1926. — Vol. 73, № 3458. — P. 462—465.

3. Філіпова О.І. Напрями наукової діяльності науково-дослідного інституту фізики Одеського державного університету за радянських часів / О.І.Філіпова // Наукові товариства, школи, зв'язки. — 2009. — № 4. — С.24—32.

4. Смит Дж.Е. История изобретения приборов с зарядовой связью / Дж.Е.Смит // УФН. — 2010. — Т.180, № 12. — С.1357—1362.

5. Као Ч.К. Песок давно минувших дней шлет в будущее голоса людей (Нобелевские лекции по физике — 2009) / Ч.К.Као // Там само. — С. 1350—1356.

6. Охупкин И. Нобелевская премия в области инженерных наук / И.Охупкин [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.strf.ru/science.aspx?CatalogId=222&d_no=24450.

7. Colburn R. Oral-History:Charles Kao / R.Colburn // Interview. — 2004 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Oral-History: Charles_Kao# Publication_with_George_Hockham.

8. Первый советско-американский семинар по оптической обработке информации (Обзор) / Гибин И.С., Коронкевич И.П., Нестерихин Ю.Е., Твердохлеб П.Е. // Автотриетрия. — 1976. — № 3. — С. 3—11.

9. Кобаяси Дж. Оптическая память, принципы записи и используемые материалы (Обзор) / Кобаяси Дж., Уезу Ю. // Автометрия. — 1978. — № 1. — С.4–15.
10. The Digital Compact Disc // Inventor of the Week Archive. — 1999. — Dec. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://web.mit.edu/invent/iow/russell.html>.
11. Kees A.S.I. The CD Story / A.S.I. Kees // Journal of the AES. — 1998. — Vol.46. — P.458–465.
12. История CD-технологии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://shopcd-dvd.com/Istorija_CD_tehnologii.html.
13. Пат. 2135736, Франция, МКИ⁵ G11C 7//00. Способ изготовления пленок заданной конфигурации / В.В.Петров, И.В.Войтович, М.Т.Костышин, П.Ф.Романенко, В.П.Скуридин (СССР). Опубл. 1973, Бюл.№ 4.
14. А.с. 258387 СРСР, МКТ⁵ G 11 C 7//00. Спосіб виготовлення фотошаблонів / В.В. Петров, М.Т. Костишин, К.В. Михайловська, П.Ф. Романенко, Г.Д.Чепель. — Опубл. 1970, Бюл. № 1.
15. Петров В.В. Оптическая запись информации. Научное эссе / В.В.Петров // Реестрация. Зберігання і обробка даних. — 2007. — Т.9, № 3. — С.3–13.
16. Петров В.В. О применении неорганических светочувствительных материалов для изготовления фотошаблонов / В.В. Петров, Н.Н. Карников // Гибридная вычислительная техника и электроника. — К.: Наук. думка, 1972. — С. 471–490.
17. Использование неорганических светочувствительных материалов для изготовления фотошаблонов / В.В. Петров, И.И. Карпиков, С.С. Лысенко, А.Д. Кравченко // Там же. — С.491–503.
18. Пат. 3637381, США, МКТ⁵ G 03 C 5/00. Radiation — Sensitive Seefrevealing Elements and Methods of Marking and Utilizing the Same / R.W.Hallman, G.W.Kurtz (США), «Teeg Research, Inc.» (США); Заявл. 3.07.1969; Опубл. 25.01.1972.
19. Дослідження методів оптичного запису та створення систем пам'яті на оптичних носіях / В.В. Петров, А.А. Крючин, С.М. Шанойло, О.П. Токар, Л.І. Крючина // Реестрация. Зберігання і обробка даних. — 2007. — Т.9, № 3. — С.23–42.
20. Оптико-механические запоминающие устройства / В.В. Петров, А.А. Крючин, А.П. Токар, С.М. Шанойло, В.Я. Сандул. — К.: Наук. Думка, 1992. — 152 с.
21. Леонец В.А. Оптические запоминающие устройства / Гибридная вычислительная техника и электроника / В.А. Леонец, А.П. Токар. — К.: Наук. Думка, 1972. — С.504–521.
22. Оптические диски: история, состояние, перспективы развития / Петров В.В., Крючин А.А., Шанойло С.М. и др. — К.: Наук. думка, 2004. — 174 с.
23. Петров В.В. Оптические ЗУ для вычислительных систем / В.В. Петров // Тр. III Всесоюз. конф. «Однородные вычислительные системы и среды»: Тез. докл. — Таганрог, 1972. — С.21–22.
24. Петров В.В. О светочувствительности систем на основе стеклообразных халькогенидных полупроводников при высокой мощности облучения / В.В. Петров, А.А. Крючин // Квант. электроника. — 1974. — Т.1, № 12. — С.2618–2620.
25. Термоионное напыление многокомпонентных халькогенидных полупроводников/ Сергиенко Т.И., Петров В.В., Крючин А.А., Юдин Г.Ю., Гриценко К.П. // Приборы и техника эксперимента. — 1985. — № 1. — С.215–216.
26. Горшков Н.В. Оптический диск как «единый» носитель информации в системах управления / Н.В. Горшков, В.В. Петров // Труды Всемир. электротехнич. конгресса (21–25 июня 1977 г., Москва). — М., 1977, секция 7, доклад 44.
27. Лаборатория оптики и лазерной физики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://onu.edu.ua/ru/science/research_unit/sri_and_labs/fiz_ints/laboptica.

*Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки
ім. Г.М. Доброва НАН України*