

УДК 004.085

Є. В. Беляк

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
вул. М. Шпака, 2, 03113 Київ, Україна

Методики розрахунку характеристик інформаційних і проміжних шарів багатошарового фотолюмінесцентного диска

Розглянуто можливість побудови структури інформаційного шару багатошарового фотолюмінесцентного носія на основі структур сучасних форматів оптичних дисків (CD, DVD, HD-DVD, Blu-ray). Розраховано оптимальні параметри такого носія і приводу зчитування даних з нього: лінійні розміри пітів, товщину проміжного шару, радіуси і загальну площу периферійних зон. Проаналізовано переваги і недоліки моделі та подальші перспективи розвитку багатошарового оптичного запису.

Ключові слова: CD, DVD, HD-DVD, Blu-ray, багатошаровий фотолюмінесцентний диск, інформаційний шар, апертура лінзи об'єктива.

Вступ

Основною перевагою багатошарового фотолюмінесцентного (ФЛ) запису даних, як однієї з найбільш перспективних галузей об'ємного оптичного запису є те, що загальна інформаційна ємність багатошарового ФЛ-диска (FMD) являє собою добуток ємності окремого інформаційного шару та кількості шарів, і, таким чином, у загальному випадку може розглядатись як значно більша за ту, що демонструють сучасні одно- та двошарові оптичні диски. Але при цьому розробники FMD-носіїв, приділяючи увагу методам збільшення кількості шарів за умов прийняттого співвідношення сигнал-шум (SNR), зазвичай нехтують першим множителем, у той час, як в області збільшення поверхневої щільності оптичного запису існує велика кількість ефективних технічних рішень, вибір котрих неодмінно впливатиме на ті параметри носія, що пов'язані з організацією його структури в об'ємі.

У даній роботі запропоновано розглянути 20-шаровий FMD-носій зі структурою інформаційного шару близькою до структури оптичних дисків CD, DVD, HD-DVD та Blu-ray (BD). Відмінність полягає в тому, що інформація в даному випадку кодується лише проміжками між інформаційними елементами, що являють собою циліндричні заглиблення, глибина котрих у кілька разів перевищує радіус, за-

© Є. В. Беляк

повнені ФЛ-матеріалом (рис. 1). Як було показано в [1] дана організація багат шарового диска є оптимальною, як з точки зору великої інформаційної ємності носія, так і з точки зору надійного відтворення сигналу зчитування.

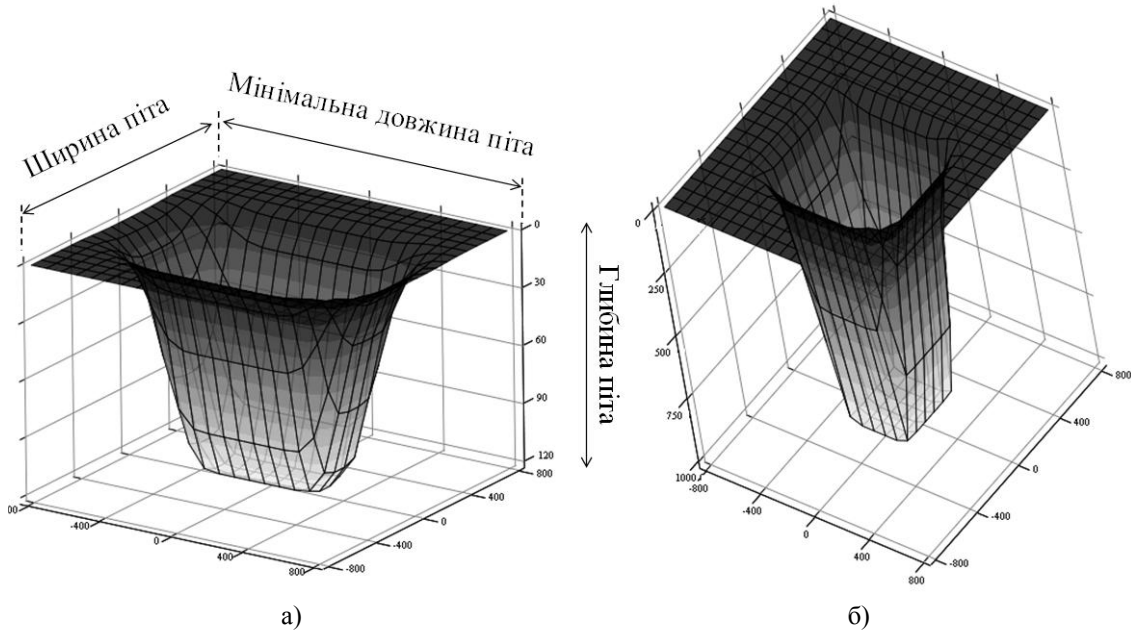


Рис. 1. Форма піта компакт-диска (а) та FMD-носія (б) з CD-подібною структурою

Слід зауважити, що кожен із форматів оптичних дисків, що розглядаються в представленій роботі, має свої переваги та недоліки. Так FMD-носії на основі формату CD є найбільш надійними, але загальна інформаційна ємність такого носія буде надто низькою (14 ГБ), і даний диск можна буде розглядати лише як дешевий аналог сучасних одношарових BD-носіїв (див. таблицю). FMD-носії зі структурою подібною до структури DVD, утримують 90 ГБ і вже можуть розглядатись як перспективні носії архівного збереження даних. Найкраще співвідношення інформаційної ємності та значення SNR згідно розрахунків демонструють диски, в яких поєднано формати FMD та HD-DVD, але формат HD-DVD, на жаль, було витіснено форматом BD, більш перспективним з точки зору методик поверхневого оптичного запису.

Ємність FMD-носія залежно від структури окремого інформаційного шару

	20-шаровий FMD-носіє зі структурою інформаційного шару, близькою до структури відбивального оптичного диска формату			
	CD	DVD	HD-DVD	BD
Інформаційна ємність	14 ГБ	90 ГБ	300 ГБ	500 ГБ

Виділення корисного сигналу при зчитуванні даних з FMD-носія

Структура FMD-носія подібна до структури звичайного двошарового оптичного диска, її основними компонентами є підкладка та N інформаційних шарів, розділених $(N - 1)$ проміжними шарами. Паразитний сигнал виникає внаслідок того, що при ФЛ-зчитуванні опромінюються та дають ФЛ-відгук усі шари, а не тільки той, на якому сфокусовано лазерний промінь. Але якщо товщина проміжних шарів є достатньо великою, то навіть на сусідніх інформаційних шарах опромінюються значні за розміром області, в яких розміщується велика кількість пітів, а інтенсивність сигналу від такого шару по відношенню до сигналу, що зчитується, складатиме в середньому той відсоток, який займають піти на поверхні шару по відношенню до загальної площі, яку можна обчислити за формулою

$$k_p = \frac{1}{2}(w : p), \quad (1,а)$$

де w — ширина піта; p — шаг доріжки. А для структури, в якій довжина пітів є мінімальною, даний вираз матиме вигляд:

$$k_p = \frac{l_{\min}}{l_{\max} + l_{\min}}(w : p), \quad (1,б)$$

де l_{\min} та l_{\max} — мінімальне та максимальне можливе значення довжини піта, відповідно.

Було запропоновано вирішити зазначену проблему шляхом створення умов, за яких інтенсивність паразитного сигналу є фіксованою величиною, що надасть змогу виділення корисного сигналу за допомогою електричної схеми на виході системи фотооптичних датчиків, що реєструють ФЛ-сигнал. Основою схеми є виділення корисного сигналу, як за тією ознакою, що він на відміну від сумарного паразитного є змінним, так і за допомогою відомих даних за рівнем сумарного паразитного сигналу.

Паразитний сигнал від шарів FMD-носія, що опромінюються розфокусованим світлом променя зчитування, буде стабільним у тому випадку, коли на кожному шарі, крім шару зчитування, кількість пітів у зоні опромінення n_a буде достатньо великою. За умов низького поглинання пітів коливання паразитного сигналу ΔI_a по відношенню до корисного сигналу I_0 можна наближено розрахувати, врахувавши співвідношення площі сфокусованої лазерної плями на шарі зчитування S до площі сфокусованої лазерної плями на сусідньому шарі S_n . Для N шарів це значення складатиме

$$\frac{\Delta I_a}{I_0} = \sum_{n=1}^N \frac{k_p S}{n_a S_n}. \quad (2)$$

S розраховується відповідно до дифракційної межі оптичного запису, в той час як S_n залежить від товщини проміжного шару та кута, під яким промінь фокусується (α) і заломлюється (β) у середовищі диска (рис. 2):

$$S_n = 2nd_i \cdot \text{tg}(\beta) + S. \quad (3)$$

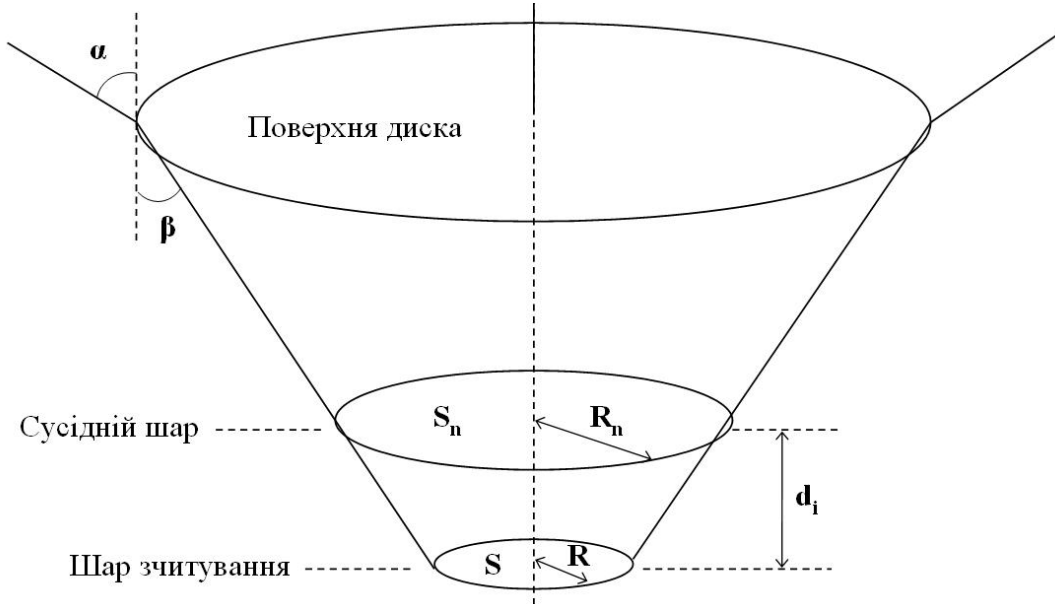


Рис. 2. Розрахунок паразитного сигналу по відношенню до товщини проміжного шару FMD-носія

Таким чином, враховуючи характеристики кожного з наведених форматів оптичного запису, як то лінійні розміри пітів, шаг доріжки, апертуру лінзи об'єктива [2] та коефіцієнт заломлення матеріалу носія, можна отримати значення мінімальної товщини проміжного шару, при якій інформація надійно відтворюється з носія.

Розрахунок загальної площі периферійних зон FMD-носія

При зчитуванні інформації з області, що розташована біля зовнішньої або внутрішньої межі зони запису інформаційного шару, область, опромінена розфокусованим лазерним світлом, на шарах, що не є шарами зчитування, буде частково виходити за межі зони запису. Це призведе до зменшення інтенсивності паразитного сигналу, який при цьому перестане бути стабільним. Було запропоновано створити на кожному інформаційному шарі внутрішню та зовнішню периферійні зони. У таких зонах мають бути сформовані доріжки, подібні до інформаційних, які однак не нестимуть корисної інформації, а лише даватимуть ФЛ-сигнал, який дорівнює за значенням сигналу зчитування інформаційної області шару. Розглянемо випадок, коли інформація зчитується з крайньої зовнішньої доріжки першого інформаційного шару двадцятишарового FMD-носія, при цьому пляма лазерного світла на останньому інформаційному шарі є найбільшою. Мінімальна ширина

периферійної зони L_{pz}^{\min} обраховується як різниця радіусів зон опромінення цих двох шарів (рис. 3). Відстань між першим та останнім шарами дорівнює

$$h = (n-2)d_f + (n-1)d_i, \quad (4)$$

де d_i — товщина проміжного шару, d_f — інформаційного. Мінімальна ширина периферійної зони

$$L_{pz}^{\min} = R - r = h \cdot \text{tg}(\beta) - r. \quad (5)$$

Загальна площа, яку будуть займати периферійні зони:

$$S_{pz} = p \left(R_i + L_{pz}^{\min} \right)^2 - p R_i^2 + (p R_0^2 - p (R_0 - L_{pz}^{\min})^2), \quad (6)$$

де R_i та R_0 — внутрішній та зовнішній радіуси зони запису. Загальна площа зони запису становить

$$S_{rz} = p R_0^2 - p R_i^2, \quad (7)$$

а отже площа периферійних зон займає лише незначний відсоток зони запису, і їхня наявність не вносить значних обмежень у загальну інформаційну ємність FMD-носія.

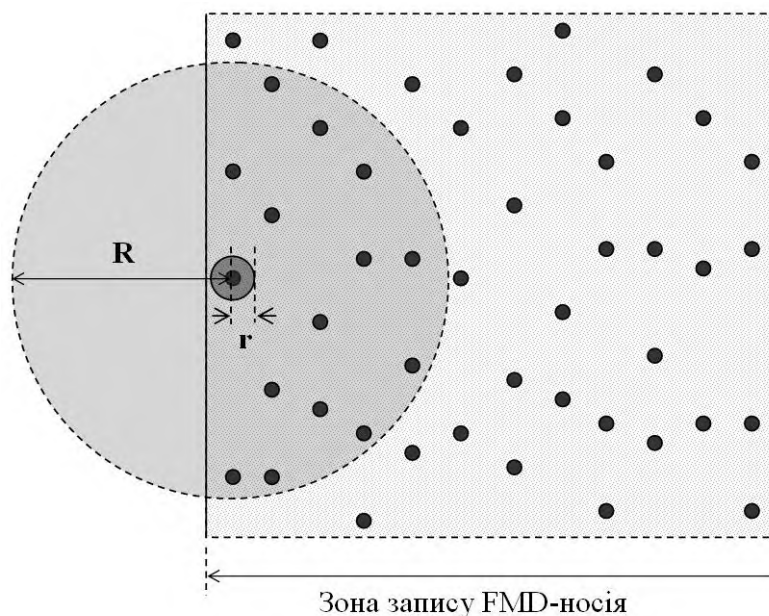


Рис. 3. Обчислення радіуса периферійної зони FMD-носія

Але слід зауважити, що застосування високоапертурних системи (наприклад, приводу BD), надаючи змогу збільшити кількість інформаційних шарів, шляхом зменшення мінімальної товщини проміжного шару (2), (3), змушує водночас поступитися у ємності окремого інформаційного шару через створення більших периферійних зон.

Пошук оптимальної форми піта FMD-носія

Глибина піта відбивального оптичного диска є фіксованою величиною і залежить від довжини хвилі оптичної системи зчитування. Але у випадку ФЛ-носіїв даним параметром можна варіювати з метою отримати максимальне значення сигналу ФЛ-відгуку, що є важливим для надійного відтворення даних. Таким чином, пропонується не тільки змінити форму піта, але й співвідношення його лінійних розмірів.

У роботі [3] було розглянуто математичну модель фокусування лазерного променя в однорідному середовищі FMD-носія, що полягає у створенні тривимірної інтерференційної картини і дозволяє зробити висновки щодо оптимальної форми піта за розподілом інтенсивності сфокусованого світла. Запропонована методика була використана з урахуванням параметрів оптичних систем відбивальних оптичних дисків, що дозволило отримати результати, показані на рис. 4.

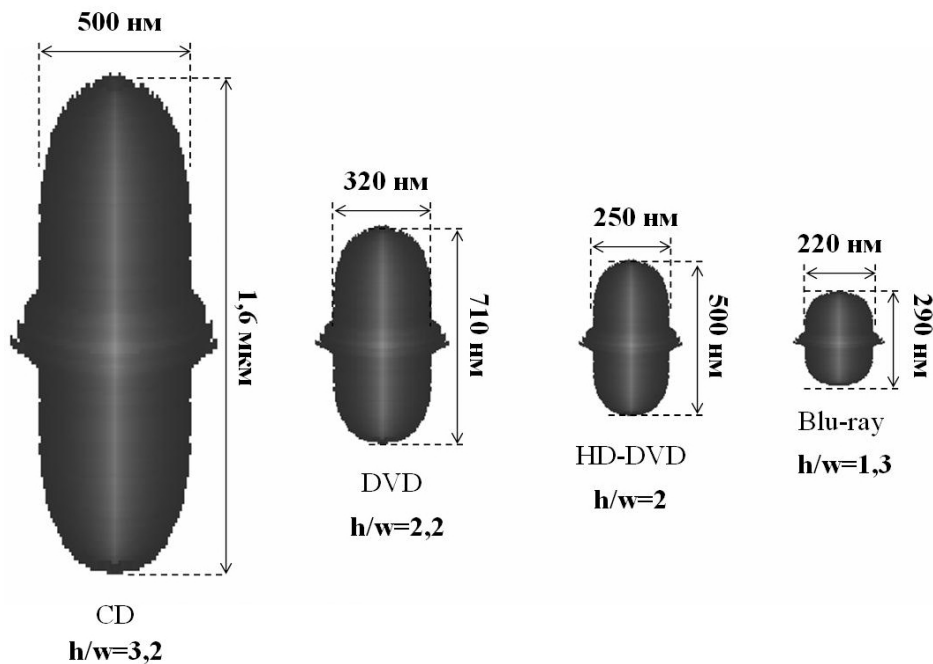


Рис. 4. Оптимальна форма та лінійні розміри піта FMD-носія

Характерним результатом, який було передбачено від початку побудови моделі, є той факт, що співвідношення висоти h та діаметра w піта зменшується при переході до приводів з великим значенням чисельної апертури. Це дає можливість значного збільшення кількості інформаційних шарів, а таким чином і загальної

інформаційної ємності диска. З іншого боку, відповідно до значень чисельної апертури та довжини хвилі променя зчитування CD-приводу пропорції оптимального піта, згідно з якими співвідношення $w/h > 3$, що важко реалізувати на технологічному рівні.

Висновки

1. Отримано залежність між товщиною проміжного шару та змінним паразитним сигналом, що не може бути виділено в процесі відтворення даних для багатошарового фотолюмінесцентного диска. Зазначено переваги високоапертурних оптичних приводів.

2. Визначено алгоритм розрахунку площі периферійних зон інформаційних шарів багатошарового фотолюмінесцентного диска залежно від оптичної системи зчитування та структури носія.

3. За допомогою математичної моделі було визначено оптимальні значення лінійних розмірів і форми піта багатошарового фотолюмінесцентного диска зі структурою розміщення даних, подібною до CD, DVD, HD-DVD та Blu-ray.

1. *Надцифровий оптичний запис інформації* / В.В. Петров, А.А.Крючин, С.М. Шанойло, В.Г. Кравець [та ін.]: Відп. ред. О.Г. Додонов — НАН України, Ін-т проблем реєстрації інформації. — К., 2009. — 282 с.

2. *Данилов В.В.* Перспективи збільшення поверхневої щільності оптичного запису/ В.В. Данилов, Беляк С.В. // Вісник Донецького університету. — 2008. — Т. 1. — С. 241–247.

3. *Беляк С.В.* Математичне моделювання процесу зчитування даних з багатошарового фотолюмінесцентного носія інформації / С.В. Беляк // Реєстрація, зберігання і оброб. даних. — 2009. — Т. 11, № 4. — С. 3–9.

Надійшла до редакції 09.03.2010