

УДК 004.085

ЗАСТОСУВАННЯ БЛИЖНЬОПОЛЬОВОГО ЗОНДУ НА ОСНОВІ ОПТИЧНОЇ ПЛАЗМОННОЇ МІКРОСМУЖКОВОЇ ЛІНІЇ В ОПТИЧНОМУ ЗАПИСУ ІНФОРМАЦІЇ

Д. т. н. А. А. Крючин, д. т. н. А. С. Лапчук, Є. М. Морозов

Інститут проблем реєстрації інформації НАН України
Україна, м. Київ
morozov.ye.m@gmail.com

Наведено результати числового аналізу застосування ближньопольового зонду на основі оптичної плазмонної мікросмужкової лінії для зчитування інформації з оптичних дисків в освітлювально-збиральному режимі. Показано, що застосування мікросмужкового зонду дозволяє більш ніж на порядок збільшити щільність оптичного запису інформації.

Ключові слова: мікросмужковий зонд, ближньопольовий оптичний запис, оптичні системи з високою роздільною здатністю.

Просторова роздільна здатність звичайних оптичних систем має дифракційне обмеження, що визначається критерієм Релея. Сканувальна ближньопольова оптична мікроскопія (СБОМ) дозволяє суттєво збільшити роздільну здатність оптичних систем [1]. Горизонтальна (латеральна) і вертикальна (по глибині зразка) роздільна здатність СБОМ може досягати та навіть перевищувати 20 нм і 5 нм відповідно [2]. Застосування ближньопольового методу в оптичному запису інформації дозволило би збільшити щільність запису і, тим самим, інформаційну ємність оптичних дисків. Так, щільність запису інформації в форматі Blu-ray становить 0,28 Гб/см² при розмірі плями лазера 580 нм. Використання ж плями лазера з розміром 30 нм дозволяє досягти щільності запису 12,5 Гб/см², що більш ніж на порядок перевищує цей параметр для формату Blu-ray. Таким чином, інформаційна ємність одношарового одностороннього ближньопольового оптичного диска (near-field optical disc) може сягати 175 Гб. Проте застосування ближньопольового методу, який базується на стандартному підході, що використовує апертуру в непрозорій плівці (для проникнення і взаємодії зі зразком через неї електромагнітного випромінювання) стримується низькою оптичною ефективністю ближньопольових зондів. Одним із найефективніших розроблених підходів підвищення оптичної ефективності є створення ближньопольового зонду на основі оптичної плазмонної мікросмужкової лінії (БЗОПМЛ) [3]. Проте, незважаючи на відносно високу оптичну ефективність БЗОПМЛ, необхідно розробити та дослідити ефективний режим роботи БЗОПМЛ задля отримання висококонтрастного та чіткого сигналу від поверхні оптичного диска.

Запропоновано конструкцію освітлювально-збирального режиму роботи БЗОПМЛ (рис. 1).

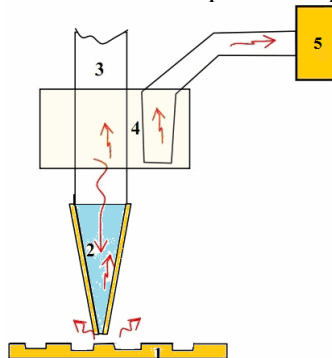


Рис. 1. Зчитування інформації в освітлювально-збиральному режимі;
1 – оптичний диск; 2 – БЗОПМЛ; 3 – діелектричний хвилевід; 4 – направлений відгалужувач; 5 – ФД

Детектування сигналу в освітлювально-збиральному режимі здійснюється через вимірювання залежності коефіцієнта відбиття за потужністю $|R|^2$ квазі-ТМ₀₀-моди від вершини діелектричного ядра [4]. Обчислення $|R|^2$ відбувається через коефіцієнт стоячої хвилі $K_{sw} = E_{max} / E_{min}$ поблизу вершини БЗОПМЛ, де E_{max} – амплітуда електричного поля в першій від вершини пучності, E_{min} – амплітуда електричного поля в першому від вершини вузлі.

Оптичний диск формату ROM було промодельовано як пластину із золота товщиною 40 нм, в якій було зроблено заглиблення (піт) прямокутної форми: довжина піта складала 45 нм, глибина – 20 нм. Залежність коефіцієнта $|R|^2$ від величини зміщення піта вздовж апертури БЗОПМЛ на довжині хвилі лазерного випромінювання 405 нм представлено на рис. 2.

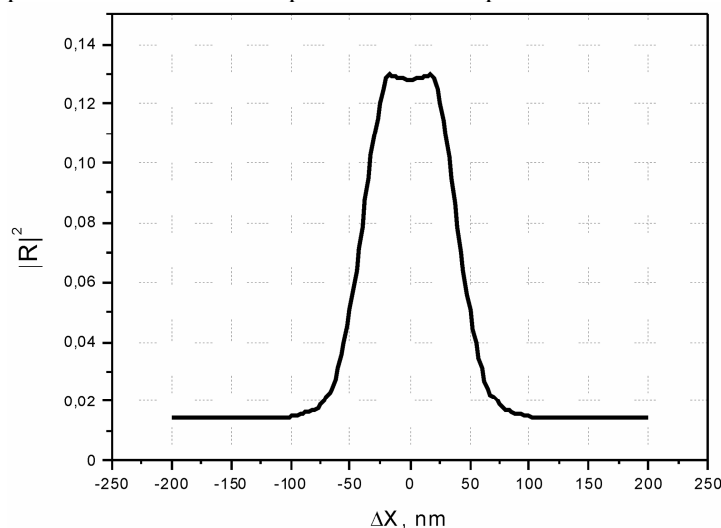


Рис. 2. Залежність $|R|^2$ від величини зміщення піта ΔX вздовж вершини зонду

Результати моделювання показали, що в освітлювально-збиральному режимі роботи БЗОПМЛ отримується висококонтрастний сигнал правильної форми з контрастом $C_{nf}=0,82$. Ширина сигналу від піта на рівні половинної амплітуди сигналу приблизно дорівнює дійсним розмірам піта. Щільність запису інформації при розмірі одного біту 45×45 нм становить $6,2$ Гб/см², що більш ніж на порядок перевищує цей параметр для формату Blu-ray.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Pohl D., Denk W., Lanz M. Optical stethoscopy: image recording with resolution $\lambda/20$ // Appl. Phys. Lett.—1984.— Vol. 44(7).— P. 651—654.
2. Oshikane Y., Kataoka T., Okuda M. Observation of nanostructure by scanning near-field optical microscope with small sphere probe // Science and Technology of Advanced Materials.—2007.— Vol. 8.— P. 181—185.
3. Lapchuk A.S, Yun S.-K., Yurlov V., Song J., An S., Nevirkovets I. Numerical Simulation of characteristics of near-field microstrip probe having pyramidal shape // JOSA A.— 2007.— Vol. 24(8).— P. 2407—2417.
4. Morozov Ye.M., Kryuchyn A.A., Petrov V.V., Lapchuk A.S. Analysis of near-field method for optical data storage using microstrip probe under illumination and illumination-collection mode // Proc. SPIE 9201, Optical Data Storage 2014.—2014.—Article ID 9201-11—14 p.

A. A. Kryuchyn, A. S. Lapchuk, Ye. M. Morozov

Application of near-field probe based on optical plasmon microstrip line in optical information recording.

The paper presents the results of numerical analysis of application of near-field probe based on optical plasmon microstrip line for reading information from the optical disc in the illumination-collection mode. It is shown that the use of the microstrip probe allows increasing optical recording density more than an order of magnitude.

Keywords: *microstrip probe, near-field optical recording, high-resolution optical systems.*