

CD и DVD дискови – подостапна замена за дифракциона решетка во демонстрациите од физичка оптика

Љубчо Јованов¹, Драган Радивојевиќ², Катерина Дрогрешка¹

¹Сеизмолошка опсерваторија при ПМФ, Скопје, Р. С. Македонија

²Природно-математички факултет, Ниш Р. Србија

Апстракт. Експерименталните поставки од физичка оптика имаат значително поголема побарувачка на скапи наставни помагала кои не секоја училишна установа ги поседува. Затоа од огромен интерес е пронаоѓањето и имплементацијата на подостапни замени за истите. Дифракционите решетки како основен елемент во експериментите за дифракција на светлински бранови, се еден од клучните елементи за кои се бара замена, а истата се пронаоѓа во насекаде присутните околу нас CD и DVD дискови за чување на мултимедијални содржини. Начинот на подготовка, поставување и изведување на експерименти кои како замена за дифракциони решетки користат дискови, како и резултатите кои можат да се извлечат од истите се основата на ова истражување.

Клучни зборови: дифракциона решетка, CD, DVD, дифракција, интерференција.

ВОВЕД

Објаснувањето на појавите во кои светлината се разгледува како трансверзален, електромагнетен бран вообичаено претставуваат проблем за учениците како во изнаоѓањето на физичко и математички решение. Појавата на дифракција на светлината, со взаемната интеракција на дифрактираните бранови во процесот на интерференција, претставуваат еден од потешките проблеми во совладувањето на материјата од физичка оптика. Сликровитиот приказ на резултатите од проблемите во голема мера ги разјаснува нејаснотиите, но пристапноста до потребната апаратура за изведување на експериментални докази не секогаш е на задоволително ниво. Затоа, потребата од изнаоѓање на подостапна замена за клучната апаратура е постојано присутна. Еден таков пример е и употребата на CD и DVD дискови како замена за дифракциона решетка – главниот уред за визуелизирање на процесот на дифракција на светлината. Оваа замена е применлива поради во голема мера идентичната структура на дисковите со онаа на вистинската решетка.

СТРУКТУРА НА CD (COMPACT DISK) И DVD (DIGITAL VIDEO DISK) ДИСКОВИ

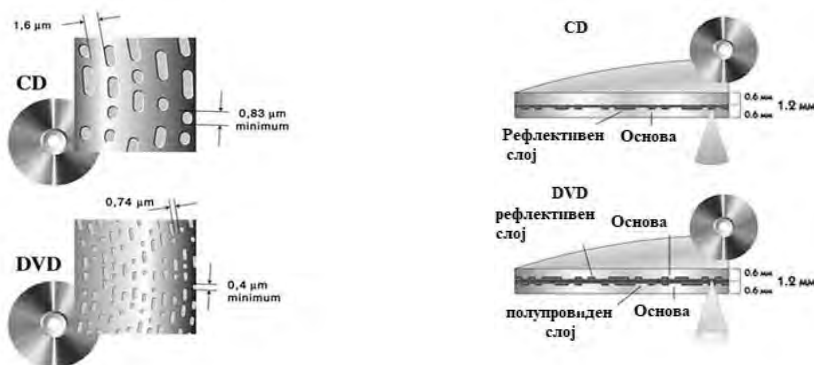
Потребата од уред за запишување на поголемо количество информации на едно место во голема мера допринесува во развојот на CD (1982) и DVD (1997) дисковите. Иако намената на обата типа е различна – CD дисковите како аудио запишувачи и замена за дотогаш актуелните аудио касети, а DVD дисковите како видео и аудио запишувачи и замена за видео касетите и Флорру дискетите, принципот на работа е во голема мера идентичен.

Носачот на информациите кај двата типа на дискови е поликарбонатен пластичен диск со дебелина од 1,2 mm. Информациите се запишуваат во форма на спирална низа почнувајќи од внатрешноста кон надворешноста на пластичниот диск со помош на ласер, во бинарна форма т.е. во форма вдлабнатини и испакнатини. Преминот од вдлабнатина во испакнатина и обратно е претставен со вредност 1, а сите останати места со вредност 0 (Слика 1).



СЛИКА 1. Лево: Спирална форма на запишување; Десно: Бинарна форма на претставување на запишаните информации на CD и DVD диск

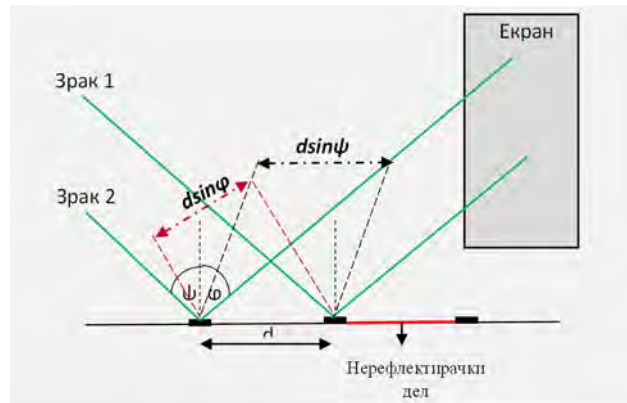
На Слика 2 се прикажани надолжен и напречен пресек на CD и DVD диск. Како што може да се види DVD-ата содржат два пластични диска за разлика од CD-ата кои содржат само еден (Слика 2, десно). Разлика се забележува и во параметрите на вдлабнатините (Слика 2, лево), и тоа: кај CD-ата тие имаат минимална должина од 0,8 μm , ширина од 0,5 μm и растојанието помеѓу две соседни низи од 1,6 μm . За разлика од нив, кај DVD-ата растојанието помеѓу две низи е 0,74 μm , а минималната должина на вдлабнатината е 0,4 μm што овозможува запишување на поголема низа податоци на иста површина. Изрежаните податоци понатаму се визуелизираат со нанесување на тенок алуминиумски слој (од 50-100 nm) и се заштитуваат со слој лак. На крај доаѓа т.н. графички слој кој содржи отпечатоци за содржината на дискот.



СЛИКА 2. Лево: големина на параметрите (ширина, должина и растојание) на вдлабнатините кои носат информации; Десно: Основни компоненти на компакт диск (<https://centr-epilacia.ru/mk/konstrukciya-i-princip-deistviya-stroenie-dvd-princip-zapisi-dannyh-na.html>)

РЕФЛЕКСИОНА ДИФРАКЦИОНА РЕШЕТКА

Кога светлински зрак паѓа на рамна површина во согласност со законот за рефлексija од геометриска оптика, зракот се рефлектира под идентичен агол како и упадниот. Понатаму, ако во предвид се зема брановата природа на светлината, а со тоа се примени и Хајгенсовиот принцип, секоја точка од рефлективната површина може да се претстави како секундарен извор на бран. Вака добиените бранови подлежат на интерференција која е единствено конструктивна кога оптичкиот пат на светлината се совпаѓа со патот на рефлектираниот зрак. Во случај да светлински бран падне на периодично поставени рефлективни површини помеѓу кои се наоѓаат нерелектирачки делови, освен во погоре споменатиот случај, конструктивна интерференција би настанала и за бранови чии патишта не се совпаѓаат со оптичкиот пат на рефлектираниот зрак, но притоа е исполнет условот да патната разлика помеѓу зраците биде цел број пати од брановата должина на светлината. Како последица на ова, наместо една светла точка, интерферентната слика ќе се состои од серија на светли точки (максимуми) од кои најсветла ќе биде централната (рефлектираната)



СЛИКА 3. Светлински зраци кои упаѓаат на различни рефлективни „островчиња“ поминуваат различен оптички пат

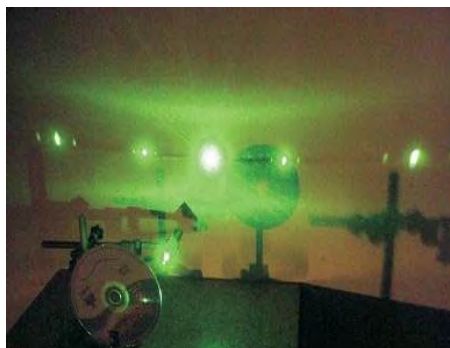
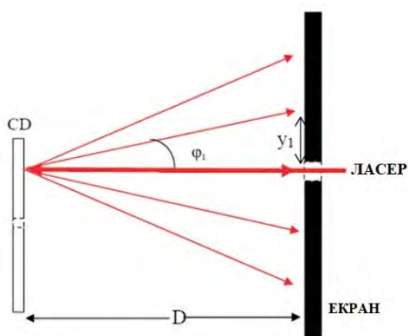
Како што може да се забележи на Слика 3, за зраци кои упаѓаат на две соседни рефлективни „островчиња“, патот кој првиот зрак го поминува пред рефлектирањето е подолг за $d \sin \psi$ каде d е растојанието помеѓу рефлективните точки, додека патот кој зракот го поминува по рефлектирањето е пократок за $d \sin \phi$ од оној на вториот зрак. Ако на ова дополнително се примени и условот за конструктивна интерференција се добива релација:

$$d(\sin \psi - \sin \phi) = m\lambda, \quad m = 0, \pm 1, \pm 2 \dots, \quad (1)$$

каде m го означува редот на максимумот.

CD како рефлексиона дифракциона решетка

Севкупната теорија опишана погоре, може практично да се примени доколку CD диск се постави нормално на патот ($\psi = \pi/2$) на ласерски извор на светлина така што нултиот максимум се поклопува со позицијата на изворот (Слика 4).



СЛИКА 4. Лево: шематски приказ на експерименталната поставка за рефлексивна дифракциона решетка; Десно: Реален приказ на експерименталната поставка со видливи резултати

За да ова се постигне, а дополнително да се избегне и расејување на светлината, пред ласерот се поставува картон со отвор. За да нултиот максимум биде на идентична позиција како и отворот на изворот, пред поставување на CD-то пожелно е поставување на рамно огледало.

Имајќи во предвид дека константата на решетката d е позната ($1,6 \mu\text{m}$) и оддалеченоста на првиот максимум (y_1) може лесно да се измери, од формулата (1), во овој случај во облик:

$$d \sin \varphi_1 = \lambda, \quad (2)$$

каде во согласност со експерименталната поставка

$$\sin \varphi_1 = \frac{y_1}{\sqrt{D^2 + y_1^2}} \quad (3)$$

може да се одреди брановата должина на непознат извор:

$$\lambda = \frac{d y_1}{\sqrt{D^2 + y_1^2}} \quad (4)$$

Користејќи ги дифракционите способности на оваа експериментална поставка и појавата на дисперзија на полихроматска светлина, може да се одреди дали даден светлински сноп е монохроматски или полихроматски.

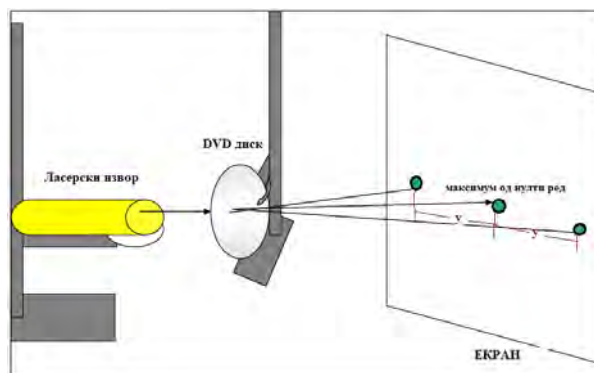
DVD КАКО ТРАНСМИСИОНА ДИФРАКЦИОНА РЕШЕТКА

Пред да биде употреблив како трансмисиона дифракциона решетка, од DVD-то најпрво треба да се отстрани горниот пластичен диск. Потоа со помош на леплива лента се отстранува и рефлективниот слој. Она што останува е основниот поликарбонатен диск кој се користи како дифракциона решетка (Слика 5). Во оваа улога може да се сретне и CD дискот со тоа што во таков случај се отстранува само заштитниот слој поради отсуството на вториот пластичен диск.



СЛИКА 5. Подготвен DVD диск за употреба како трансмисиона дифракциона решетка

Експерименталната поставка и во овој случај е многу слична со претходно споменатата, со разлика дека екранот не се поставува пред дифракционата решетка туку позади неа. Како екран може да послужи било која површина како ѕид, табла и сл. (Слика 6).



СЛИКА 6. Шематски приказ на експерименталната поставка за употреба на DVD диск како трансмисиона решетка

Кога ќе се пропушти светлина низ решетката, на екранот освен нултиот максимум кој е најинтензивен може да се забележат и максимумите од прв ред. За максимумите од повисок ред несовершеноста во паралелноста на процепите на решетката доведуваат до појава на големи аберации и намалување и на така смалениот интензитет (Слика 7). Доколку поставеноста на светлите точки не е хоризонтална потребно е да дискот се заротира до нивно приближно хоризонтално поставување.

Обете поставки може да се користат за одредување на константата на дифракциона решетка користејќи ја релацијата 1, ако се познати брановата должина на изворот и растојанието на максимумот од прв ред.



СЛИКА 7. Реален приказ и видливи резултати од експерименталната поставка во која DVD диск е употребен како трансмисиона дифракциона решетка

ЗАКЛУЧОК

Изнаоѓањето на попристапни (по цена), наставни помагала денес е од суштинско значење. Во ера кога традиционалниот начин на изведување на настава даваат негативни резултати во однос на интересот на учениците кон природните науки, било каков експериментален доказ за дадена појава е и тоа како добредојден. Примената на предмети од секојдневието наместо докажано функционалните научни помагала, ќе им укаже на учениците дека разновидноста на околината е непресушен извор на наука и научни сознанија, а ќе го зголеми и интересот за изнаоѓање на едноставни примери за математичко несовладливите и физички тешко разбирлиите појави и процеси со цел нивно полесно разбирање. Примената на компакт дисковите како замена за дифракционите решетки дополнително ја зголемуваат можноста да учениците активно учествуваат во експерименталниот дел од науката, притоа намалувајќи ја можноста за предизвикување на поголема штета при неправилна работа со конкретен инструмент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Круљ И., Нешиќ Љ., Радивојевиќ Д., Рефлексиона дифракциона решетка као приручно наставно средство, Зборник радова XIII Хрватског симпозија о настави физике, Задар, 2017, 19-21.
2. Станиславович К., Реферат на тема: Структура компакт диска, Гроднески Универзитет Јанка Купала, 2003
3. Дизајн и принцип на работа. Структура на ДВД Принципот на снимање податоци на оптички диск.
<https://centr-epilacia.ru/mk/konstrukciya-i-princip-deistviya-stroenie-dvd-princip-zapisi-dannyh-na.html> (30.4.2022)
4. **Compact Disc Digital Audio.**
<https://www.digital-scrapbooking-storage.com/compact-disc-digital-audio.html> (30.4.2022)
5. Јулијана Велевска, Оптика за студентите на физика, Природно-математички факултет, Скопје, 2018
6. Balachandran R., Porter-Davis K., Using CDs and DVDs as diffraction gratings, Georgia Institute of technology, 2009.