

УДК 621.373.826

Логачова Л.М.¹

¹ старш. викл. НУ «Запорізька політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ АКУСТООПТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ У СУЧАСНІЙ ОПТИЦІ

Представлений матеріал буде використовуватися для вдосконалення лекційного курсу з дисципліни КВ РТПС.

Акустооптичні (АО) пристрої - модулятори, дефлектори, фільтри - широко використовують як функціональні елементи сучасної оптики. Це активні елементи, побудовані на технології динамічних дифракційних решіток, створюваних за допомогою ультразвукових хвиль. До їхніх переваг належать відсутність рухомих елементів, компактність, надійність, швидкодія, програмованість і багато інших фізичних, технічних, конструктивних та експлуатаційних властивостей.

На сьогодні не всі ці властивості використовуються повною мірою, а деякі ще до кінця не вивчені. Технологія динамічних дифракційних решіток дає можливості для створення нового покоління АО пристроїв, також вона дає змогу змінювати параметри решіток за мікросекунди та керувати характеристиками пристроїв у реальному часі, і розв'язати проблеми масового випуску АО комірок.

В основі АО-приладів лежить фізичний процес дифракції світла на збуреннях середовища, створюваних акустичною хвилею. У результаті взаємодії виникає ефект подвійного променезаломлення і відбуваються просторово-періодичні зміни поверхні показника заломлення мінералу, що створюють у середовищі розподілену фазову структуру, що являє собою об'ємну дифракційну решітку, яка впливає на поширення світла.

У результаті змінюються характеристики світлових хвиль, напрямок поширення, поляризація, інтенсивність, фаза, швидкість. На цій основі створено низку функціональних пристроїв керування оптичним випромінюванням і його аналізу: модулятори, дефлектори, фільтри.

Класичні схеми побудови цих пристроїв не є єдино можливими. Розглянемо один із можливих нових підходів - мультиплексування, в якому здійснюється числення АО - взаємодія в одному оптичному елементі.

Акустооптичний модулятор змінює в часі інтенсивність вихідного лазерного променя (рис. 1, а). Закон модуляції визначається варіацією потужності збуджуваної звукової хвилі $P_s(t)$:

$$I(t) \sim I_0 M_2 P_s(t) L_2 / \lambda_2, \quad (1)$$

де I_0 , $I(t)$ – падаючий і вихідний (модульований) світлові потоки; L – довжина кристала; M_2 – коефіцієнт його АО-якості; λ – довжина хвилі світла.

Глибина модуляції дифрагованого пучка становить 100 %. Максимальна частота модуляції може досягати мегагерцових частот для фокусованих світлових пучків. Такий модулятор розташовується всередині резонатора лазера і виконує функцію затвора.

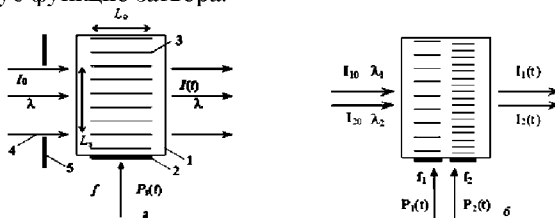


Рисунок 1 - Схеми АО-модулятора: (а) – класична; (б) – мультиплексована із секціонованим випромінювачем

1 - світлозвукопровід; 2 - електроакустичний випромінювач; 3 - акустичний пучок; 4 - світловий пучок; 5 – діафрагма

У модуляторі під час мультиплексування (рис. 1, б) збуджуються кілька акустичних хвиль, які для падаючого світлового випромінювання є комбінацією кількох монохроматичних пучків із різними довжинами хвиль, які можуть модулюватися незалежно.

Багатоспектральні пучки виникають, наприклад, на виході генераторів гармонік, параметричних генераторів і підсилювачів світла. Такі пучки, складені з променів кількох лазерів, також використовуються для створення кольорових зображень на екрані.

АО-дефлектор (рис. 2, а) відхиляє світловий пучок на заданий кут θ . Закон відхилення визначається варіацією частоти f звукової хвилі:

$$\theta(t) \sim \lambda f(t) / v_s. \quad (2)$$

Загальне число розв'язних кутових положень може досягати 1 000. Дефлектори, зокрема, використовують для управління випромінюванням потужних технологічних лазерів у системах різання, зварювання металу, маркування виробів тощо.

Також їх широко застосовують як засоби розгортки для систем створення зображень на екранах. У випадку мультиплексування відхилення лазерного пучка відбувається в декілька положень (рис. 2, б). Наприклад, при використанні двох акустичних частот виходять два дифраговані пучки, що призводить до збільшення швидкості роботи пристрою. Це збільшення може

бути доволі суттєвим за великої кількості ультразвукових хвиль (до восьми). На рис. 2, б зображено спосіб генерації багаточастотного сигналу шляхом подачі декількох частот на один п'єзоперетворювач.

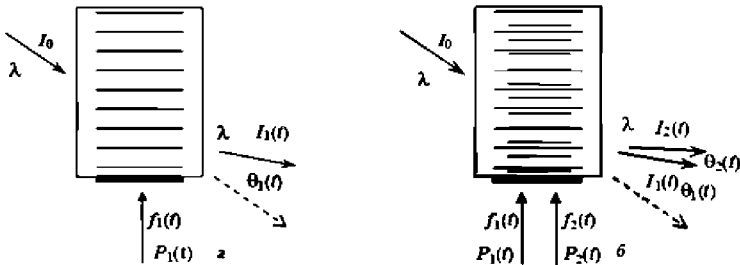


Рисунок 2 - Схеми АО-дефлектора: (а) - класична; (б) - мультиплексована з мультичастотним електроакустичним випромінювачем

Акустооптичний осередок містить два суттєвих елементи: світлозвукопровід і електроакустичний випромінювач. У якості світлозвукопроводу можна в принципі використовувати будь-яку речовину, оскільки фотопружність присутня в будь-якому середовищі. Але на практиці для цього використовують монокристалічні середовища або оптичне скло, що мають значну анізотропію. Наприклад, в ультрафіолетовому (УФ) діапазоні застосовують кристали кварцу (SiO_2), іноді нелінійні оптичні кристали – KDP (Дигідроортофосфат калію KH_2PO_4). Для неколінеарної дифракції у видимому діапазоні використовують парателлурит (TeO_2), також використовують молібдат кальцію (CaMoO_4). У цілому в діапазоні 0,4...4,4 мкм застосовують переважно парателлурит, а в УФ-діапазоні - 0,2...0,4 мкм - кварц.

Електроакустичний випромінювач. Формування робочого акустичного пучка відбувається шляхом відбиття ультразвуку від похилої грані кристала, при цьому відбувається перетворення акустичних мод. Розташування вхідної та вихідної оптичної граней зазвичай буває косим для правильної орієнтації світла відносно звуку. І при цьому основні грані мають бути відполіровані, а оптичні - просвітлені. Також необхідно зазначити, що АО-осередки для подвійних монохроматорів вимагають спеціальних технологій виготовлення.