

*** Науково-дослідна робота
«Дослідження оптичного
волокнистого кабелю»
ліцеїста 22 взводу 10 класу
комунального закладу
«Запорізький ліцей з
поширеною військово-
фізичною підготовкою»**

Фундаментальною відмінністю волоконно оптичних систем зв'язку (ВОСЗ) від більш традиційних систем електричного зв'язку є те, що в якості хвиль, які несуть інформацію, використовуються інфрачервоні світлові хвилі.

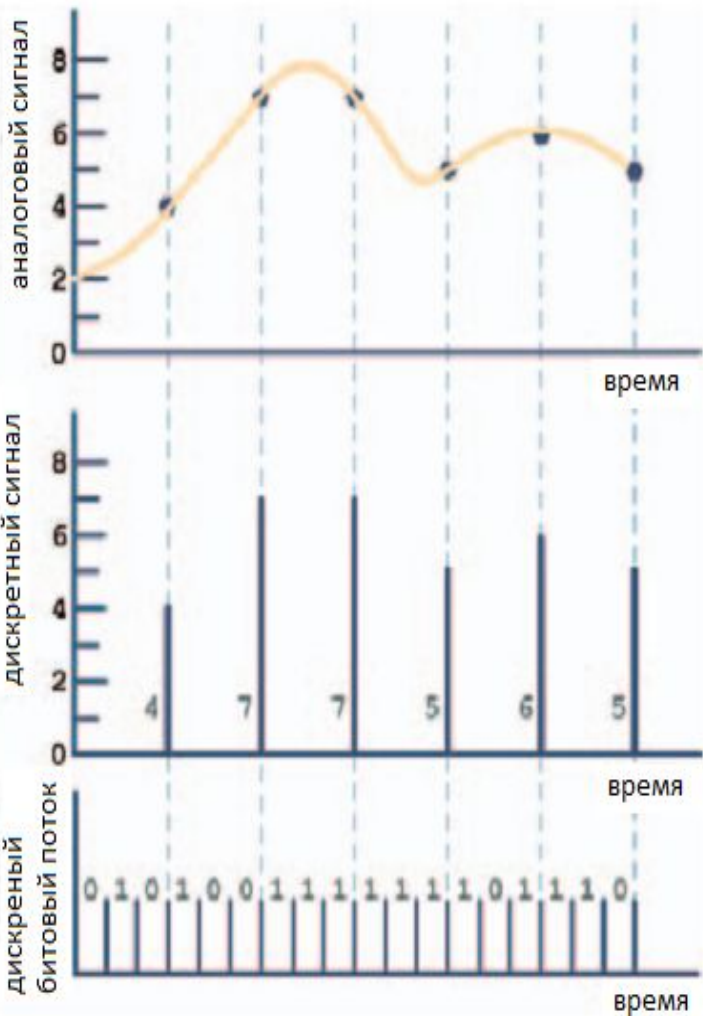
Однак за своїми фізичними властивостями і характером поширення в просторі світлові і радіохвилі істотно розрізняються, з чого випливають технологічні відмінності волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) від традиційних систем електрозв'язку. Замість мідних проводів і кабелів на їх основі для передачі оптичних сигналів використовуються оптичні волокна і оптичні кабелі на їх основі. Використання оптичного волокна дозволяє вже сьогодні забезпечити сумарну швидкість передачі інформації по одному оптичному волокну до декількох десятків Тбіт/с.



Крім імпульсно-кодової модуляції (ІКМ), використовується також аналогова модуляція, що знайшла застосування в основному в кабельному телебаченні. У аналогових системах інформація представлена у вигляді безперервної залежності будь-якого параметра світлової хвилі від часу. Застосування аналогово-цифрового перетворення дозволяє використовувати цифрові мережі для передачі аналогових сигналів.

Передачу аналогового сигналу по цифрових мережах зв'язку забезпечує послідовна передача бінарних цифрових сигналів, відповідних амплітуді аналогового сигналу в певні моменти часу, виражена в двійковій системі числення. Будь-яке число може бути записано в двійковій системі і, отже, може бути передано послідовністю двійкових сигналів. Наприклад, числа 7 і 5 в двійковій системі запишуться у вигляді послідовностей символів 111 і 101 відповідно.





Принцип роботи аналогово-цифрового перетворювача

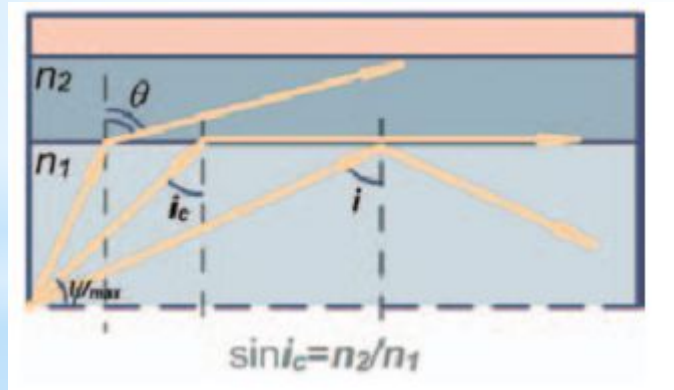
Крім імпульсно-кодової модуляції (ІКМ), використовується також аналогова модуляція, що знайшла застосування в основному в кабельному телебаченні. У аналогових системах інформація представлена у вигляді безперервної залежності будь-якого параметра світлової хвилі від часу. Застосування аналогово-цифрового перетворення дозволяє використовувати цифрові мережі для передачі аналогових сигналів. Передачу аналогового сигналу по цифрових мережах зв'язку забезпечує послідовна передача бінарних цифрових сигналів, відповідних амплітуді аналогового сигналу в певні моменти часу, виражена в двійковій системі числення. Будь-яке число може бути записано в двійковій системі і, отже, може бути передано послідовністю двійкових сигналів. Наприклад, числа 7 і 5 в двійковій системі запишуться у вигляді послідовностей символів 111 і 101 відповідно.

Найпростіша волоконно-оптична система зв'язку передає інформацію між двома точками. Такі системи зв'язку точка-точка називають волоконно-оптичними лініями зв'язку (ВОЛЗ). До складу ВОЛЗ входять:

- передавач - пристрій, що перетворює вхідні керуючі електричні сигнали у вихідні світлові сигнали;
- фізична середа передачі інформаційних сигналів - оптичне волокно;
- регенератори і/або оптичні підсилювачі;
- приймач - пристрій, що перетворює вхідні оптичні сигнали у вихідні електричні сигнали.



При перетині променем кордону розділу двох середовищ кут заломлення буде більше кута відбиття $\theta > i$, якщо він переходить з оптично більш щільного середовища в оптично менш щільне $n_1 > n_2$. Тоді, якщо кут падіння дорівнює $i_c = \arcsin(n_2/n_1)$, то із закону заломлення $n_1 \sin i = n_2 \sin \theta$ випливає, $\theta = 90^\circ$ і переломлений промінь розповсюджується вздовж кордону розділу, не проникаючи в інше середовище.



Якщо ж кут падіння перевищує критичний i_c , то світло, не заломлюючись, повністю відбивається від межі розділу. Цей ефект називають **повним внутрішнім відбиттям**.

Для характеристики оптичного волокна використовуються такі величини:

- хвильовий параметр: $V = \frac{2\pi d}{\lambda} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$,

де d - діаметр серцевини; n_1 і n_2 - показники заломлення серцевини і оболонки відповідно; λ - довжина хвилі світла у вакуумі;

- нормована різниця показників заломлення: $\Delta = (n_1 - n_2)/n_1$;

- числова апертура волокна NA, рівна половині кута введення випромінювання у волокно: $NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \approx n_1 \sqrt{2\Delta}$.

У міру поширення у волокні світловий сигнал згасає через втрати потужності. Згасання в дБ дорівнює добутку коефіцієнта згасання α на довжину L волокна. Причинами згасання світлового сигналу в оптичному волокні є поглинання, розсіювання і випромінювальні втрати на мікро- і макровигинах.

Дисперсія - основна причина погіршення якості зв'язку і обмеження швидкості передачі інформації. У волоконній оптиці цим терміном називають розширення світлового імпульсу при поширенні уздовж волокна. Існують декілька видів дисперсії: міжмодова, хроматична і поляризаційна модова.

Ще одна причина спотворень в одномодовому волокні пов'язана з поляризацією світлових хвиль. Оскільки світло це електромагнітна хвиля, то одна і та ж просторова мода насправді містить дві поляризаційні компоненти, або дві поляризаційні моди. В ідеальному волокні ці моди виродилися, тобто швидкості їх розповсюдження однакові. У реальному волокні, виникаюча у процесі виробництва напруга, викликає подвійний перелом проміння, розподіл якого уздовж волокна важкопередбачуваний. Крім того, несиметричні напруження і деформації волокна збільшуються в процесі виготовлення кабелю і при його прокладанні.

Оптичні волокна виробляються різними способами, забезпечують передачу оптичного випромінювання на декількох довжинах хвиль, мають різні характеристики і виконують різноманітні завдання.

Кожне волокно складається з серцевини і оболонки з різними показниками заломлення. Серцевина, по якій відбувається поширення світлового сигналу, виготовляється з оптично більш щільного матеріалу. У позначенні волокна через дріб вказуються значення діаметрів серцевини і оболонки волокна. Волокна розрізняються діаметром серцевини і оболонки, а також профілем показника заломлення серцевини.

Характеристики оптичних волокон представлені в таблиці.



**Основні характеристики оптичного волокна,
яке використовується у волоконно оптичних кабелях**

Характеристики	Одномодове ОВ		Багатомодове ОВ	
	8/125	10/125	50/125	62,5/125
Затухання дБ/км				
На довжині хвилі 850 нм			2,5	3,0
На довжині хвилі 1300 нм			0,7	0,8
На довжині хвилі 1310 нм		0,35		
На довжині хвилі 1550 нм	0,22	0,22		
Хроматична дисперсія, пс/нм км				
На довжині хвилі 1310 нм		3,5		
На довжині хвилі 1550 нм	2,7	18		
Смуга пропускання, МГц км				
На довжині хвилі 850 нм			400	160
На довжині хвилі 1300 нм			600	500

Основними конструктивними елементами ВОК є: оптичне волокно з захисним покриттям, виготовлене з високоякісної кварцового скла, забезпечує поширення світлових сигналів; оптичні модулі; сердечники; силові елементи; гідрофобні матеріали; оболонки і броня.

Вільний простір в оптичних модулях, пазах і між модулями заповнюється гідрофобним компаундом, що протидіє проникненню вологи в ВОК.

Для забезпечення необхідної механічної міцності і запобігання великих механічних напружень в ВОК вводяться спеціальні силові елементи. Це можуть бути сталева, мідна, алюмінієва дроту, арамідні нитки та склопластикові стрижні і. Силові елементи розміщуються в центрі (для більшої гнучкості) і на периферії (для більшої стійкості до ударів і розтягуючих навантажень).

Залежно від типу зовнішніх природних, механічних впливів можуть застосовуватися такі зовнішні оболонки ВОК: металева/пластмасова з металевими стрічками або металевим шаром; пластмасова; пластмасова з силовими елементами; пластмасова, в яку впресовані силові елементи з металевою стрічкою; броньована оболонка.

В даний час проблеми освоєння оптичного діапазону зв'язку в значній мірі вирішені, і подальший розвиток оптичних систем передачі інформації істотно залежить від рівня та стану технології виробництва оптичних і оптико-електронних компонентів таких систем. Одним з найбільш значних досягнень оптичних технологій останніх років є створення мікроструктурованого (МС) оптичного волокна. МС-волокно, в тому числі і його різновид - фотонно-кристалічна оптичне волокно, що мають властивості фотонного кристала, який являє собою волокно з суцільною або порожнистою серцевиною, оточений періодичною структурою з повітряних отворів, що утворюють світловідбиваючу оболонку. Такі оптичні волокна мають ряд унікальних властивостей в порівнянні з волокнами, виготовленими за традиційною технологією, коли осередок і оболонка виготовлені з суцільних оптичних середовищ. Зокрема, МС-волокно має такі дисперсійні характеристики, які при досить низьких рівнях загасання дозволяють виконувати ефективні нелінійні перетворення надкоротких лазерних імпульсів, отримувати високі значення числової апертури і здійснювати як багатомодовий, так і одномодовий режим поширення випромінювання в аномально широкій області спектра.

Технологія отримання мікроструктурованого кварцового оптичного волокна передбачає вирішення наступних основних завдань:

- створення необхідної геометричної структури оптоволокна в залежності від його розрахункових оптичних характеристик;
- витягування світловода необхідної довжини із збереженням заданої геометричної структури по всій довжині світловода;
- мінімізація світлових втрат при проходженні випромінювання по світловод.

Таким чином можна зробити наступні висновки:

- в роботі були проаналізовані характеристики оптичного волокна, які впливають на передачу інформації і межі її обмеження. Для зменшення оптичних втрат запропонованого використання мікроструктурованого оптичного волокна.
- в роботі рекомендована технологія, що дозволяє створювати наперед задані типи мікроструктурованих та інших волокон із зменшеним рівнем загасання випромінювання в світловоді. Отримано залежності спектрів загасання сигналу в кварц-полімерному волокні від температури його витяжки з капіляра, що свідчить про значущість впливу вогневого полірування на підготовку капілярів для створення МС-світловодів. Показано, що застосування додаткового методу очищення заготовки дозволяє, в кінцевому підсумку, приблизно на порядок поліпшити показники загасання сигналу в одержуваному волокні.