Хроматична дисперсія.

Матеріальна дисперсія інформаційного сигналу.

При відсутності міжмодової дисперсії основний вплив на уширення інформаційного сигналу створює матеріальна дисперсія. Це добре відомий в оптиці фундаментальний тип хроматичної дисперсії, пов'язаний з залежністю показника заломлення матеріалу від довжини хвилі. Якщо вплив міжмодової дисперсії на швидкість передачі інформації можна звести до нуля, то матеріальну дисперсію усунути принципово неможливо – це фундаментальний параметр конкретного діелектрика. Єдиний шлях боротьби з цим типом дисперсії – вивчити її поведінку в матеріалі оптичного інформаційного каналу.

В основу теорії дисперсії діелектриків покладена поведінка пружньо-зв′язаного заряду матеріалу в зовнішньому високочастотному електричному полі. Важливий висновок цієї теорі - залежність реальної та уявної частини покажчика заломлення ідеального ізотропного діелектрика від частоти (Рис.1) .

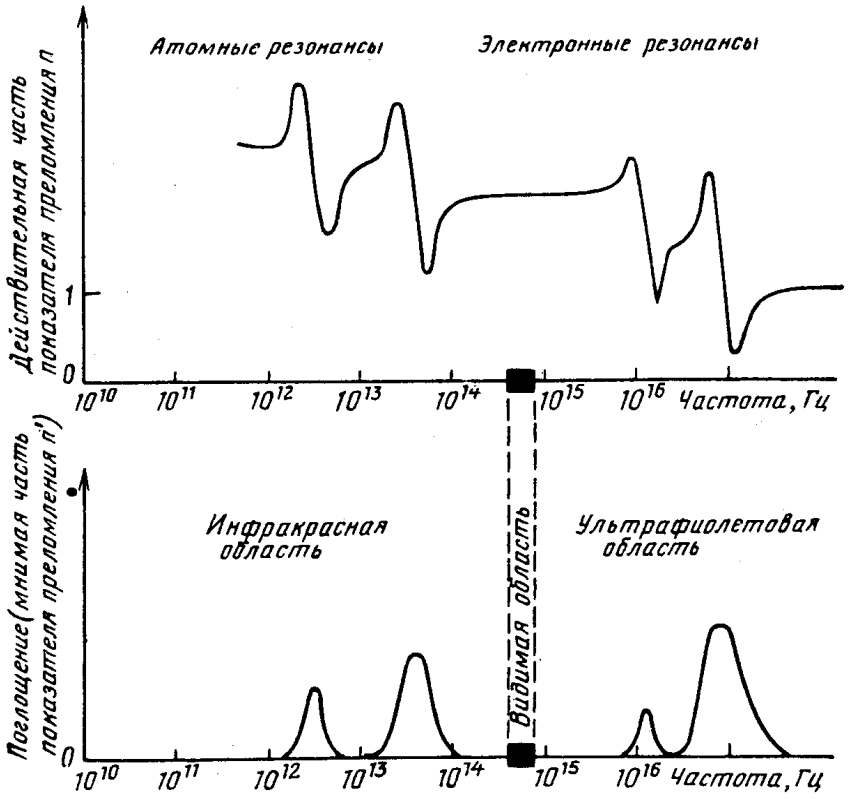


Рис.1 Схематичне зображення залежностей від частоти дійсної та уявної частин показника заломлення діелектричного матеріалу.

Теоретичні залежності від частоти реальної та уявної частин показника заломлення ідеального діелектрика добре співпадають з експериментальними вимірами дисперсії та поглинання реального діелектрика в широкому діапазоні частот. В "оптичній" частині спектральної залежності, далекій від атомних та електронних резонансів, Re n повільно збільшується з ростом частоти електричного поля і, таким чином, повільно зменшується з ростом довжини хвилі. Така спектральна поведінка показника заломлення характерна для більшості діелектриків. Таким чином, в оптичному діапазоні частот похідна $dn/d\lambda$ для більшості діелектриків буде малою величиною і від′ємною за знаком. З спектральних залежностей (Рис.1) добре видно, що має місце дуже тісний зв′язок між дисперсією та поглинанням .

Цей зв'язок, як відомо, носить фундаментальний характер. У будь-якій лінійний, стаціонарній, фізично реалізуємій системі, в якій лімітована по величині вхідна дія породжує такий же лімітований по величині вихідний відгук, уявна частина передаточної функції може бути однозначно визначена по відомій реальній частині передаточної функції і навпаки. В фізиці ці співвідношення відомі як співвідношення Крамерса-Кроніга.

В волоконній оптиці базовим матеріалом як для серцевини так і для оболонки являється плавлений кварць. Тому всі подальші оцінки матеріальної дисперсії будуть стосуватися виключно цього матеріалу.

На сьогодняшній день, використовуючи чистий кварць як матрицю, розроблено потужню технологію виготовлення оптичних волокон самого різного призначення.

Покажемо далі як впливає матеріальна дисперсія на уширення інформаційного сигналу. В оптиці явище дисперсії пов'язують з величиною $dn/d\lambda$. Покажемо, що за уширення інформаційного бітового імпульсу відповідає не величина $dn/d\lambda$, а $\lambda^2 \cdot (d^2n/d\lambda^2)$.

Як відомо, фазова швидкість гармонійного сигналу в необмеженому середовищі є $V_\phi = c/n = \varpi/k$, де $k = \frac{\varpi}{c} n$ - хвилевий вектор оптичної хвилі в необмеженому середовищі. Групова швидкість , з якою пов'язують швидкість руху максимуму огинаючої сигналу, визначається виразом

$$V_{гр.} = \frac{d\omega}{dk} = \frac{1}{dk/d\omega} = \frac{c}{n + \omega \frac{dn}{d\omega}} \qquad (1)$$

Оскільки показник заломлення (фазовий, або звичайний) визначається як $n = c/V_\Phi$, аналогічно можна ввести поняття групового показника заломлення

$$n_{гр} = c/V_{гр} = n + \varpi \cdot \frac{dn}{d\varpi} \qquad (2)$$