T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ

I. KIZILIRMAK FEN BİLİMLERİ KONGRESİ

14 - 16 MAYIS 1997

BİLDİRİ KİTABI

Kırıkkale 1997

CamScanner ile tarandı

Araş. Gör. Mehmet Özer



Kırıkkale Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi
I.Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi
14-16 Mayıs 1997, KIRIKKALE

FİZİK BİLDİRİLERİ

Kırıkkale - 1997

CamScanner ile tarandı

I.Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi
14-16 Mayıs 1997, KIRIKKALE

DÜZENLEYEN

Kırıkkale Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi

DESTEK VEREN KURULUŞLAR

Kırıkkale Valiliği-Kırıkkale İlini Kalkındırma ve Tanıtma Vakfı
Kırıkkale Belediye Başkanlığı
Kırıkkale Sanayi ve Ticaret Odası
Makina ve Kimya Endüstrisi Kurumu
TÜPRAŞ Kırıkkale Rafinerisi
Kırıkkale Üniversitesi Vakfı

Kitapta yer alan bildiri ve bildiri özetleri, yazarların gönderdiği orjinal metinlerden ofset tekniği ile aynen kitap haline getirilmiştir.
Bildirilerin bilimsel sorumluluğu yazarlara aittir.

CamScanner ile tarandı

I.Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi
14-16 Mayıs 1997, KIRIKKALE

ONUR KURULU

Behiç ÇELİK	Kırıkkale Valisi
Cemalettin AKDOĞAN	Kırıkkale Belediye Başkanı
Prof.Dr.Beşir ATALAY	Kırıkkale Üniversitesi Rektörü

DANIŞMA KURULU

G.ALAEDDİNOĞLU
R.AKKAYA
Y.ARICA
K.ÇOLAKOĞLU
Y.ERDOĞAN
Ş.EREL
A.ERİŞEN
H.GÜNDOĞAN
T.GÜVEN
H.H.HACISALİHOĞLU
V.HASIRCI
M.İLHAN
H.KAPLAN
H.KARAGÜLLE
M.KESKİN
K.KOCA
A.KULIEV
A.KÜÇÜKBURSA
M.LALE
İ.MARAŞ
S.ORAK
M.PAKDEMİRLİ
E.SAVAŞ
A.O.SOLAK
C.SELAM
S.SELVİ
G.SOMER
A.U.TAMER
H.N.TESTERECİ
A.D.TÜRKOĞLU
İ.ULUER
N.YALÇIN
M.YİĞİTOĞLU
M.YILDIZ

DÜZENLEME KURULU

Prof.Dr.İhsan ULUER (Başkan)
Prof.Dr.Kerim KOCA
Doç.Dr.M.Yakup ARICA
Yrd.Doç.Dr.Mustafa YİĞİTOĞLU

CamScanner ile tarandı

A.YEŞİL, E. GÜZEL İ. ÜNAL	Soğuk ve Sıcak Plazmanın Elektromanyetik Dalganın Yayılması Üzerine Etkisi	189
İ. YAVUZ, İ. TARHAN H. BAYSAL, U. CAMCI İ. YILMAZ	Bianchi Tipi Uzay-Zamanda Bazı String Kozmolojik Modeller	200
A.GÜNGÖR, A. AVİNÇ S. ÖZALP	Konikleştirilmiş Fiber ile Atomik Kuvvet Mikroskobu	212
N. A.S, A. AVİNÇ M.ÖZER, A. GÜNGÖR	Optiksel Haberleşme Sistemi Olarak Fiberlerin Yapısı ve Bilgi Aktarımı	218
M. ÖZER, N. AS, A.GÜNGÖR	Fiberlerde Birleştirme Hataları ve Kayıpları	229
A. AVİNÇ, L. TACER	Hızlı Nötron Terapisi	241
E.ÇADIRLI, B.BEYENDER N. MARAŞLI, M. GÜNDÜZ	Saf Pivalık Asitin Kontrollü Katılaştırılması	248
A.AVİNÇ , S.ÖZALP	Fiziksel Kalite Kontrol Yöntem-leri (Girdap Akımları Metodu)	260
S. ORAK, M. İŞÇİ	Laserin Dokular Üzerindeki Etkileri	266
N. ERDEMİR, S.ORAK	Fizik Eğitimindeki Başarısızlığa Kalitatif Yaklaşım	270
A.KULIEV, M. İLHAN C. SELAM	Çekirdek Seviyeleri İzospinle-rinin Coulomb Safsızlığına Çift Korelasyon Etkisi	279
M.GERÇEKLİOĞLU A. A. KULİEV, H. H. ERBİL	Atom Çekirdeklerindeki Süper Akışkanlığın Genelliştirilmiş Korelasyon Fonksiyonları	288
R. AKKAYA, M.KURT	Genelliştirilmiş Modelde Os Çekirdeklerinin Elektromanyetik Geçişleri	296
M. YILDIRIM	Kömür Külünde Radon Gazının Tesbiti	302
A. KÜÇÜKBURSA	Çift-çift 154-164Er İzotoplarının Yapısının İncelenmesi	309
S. ORAK, A.İ. DEMİREL	Os İzotoplarının İncelenmesi	318
İ. MARAŞ	Çift-Çift 168Er Çekirdeklerinin Bazı Elektromanyetik Özelliklerinin İncelenmesi	328
G. KAYNAK	The Determination of The Cross-Section of F19 (N,a) N16 Reaction For 14 MEV Neutrons By Cyclic Activation Method	335
N. TÜRKAN, İ. ULUER	98Ru İzotopunun Elektromanyetik Geçişlerinin Çok Kutupluluklarının İncelenmesi	342
Ş. ATALAY, R.PEKDOĞAN B.KÜÇÜK, M. D. DULKAR İ. ULUER	Çift-Çift Wolfram İzotoplarının Düşük Uyarılmış Durumlarının IBM-1 Altında SU(3) Simetri Uyumluluğunun İncelenmesi	355
M.A.ÇİPİLOĞLU, İ. ULUER	182W Çekirdeğinin Elektromanyetik Geçişlerinin ve Yapısının Bazı Özelliklerinin Araştırılması	368
H.KOROLAY, M.CEYLAN Y.BALCI	Bi2Sr2Ca2Cu3Ox Cam - Seramik Süper İletkenlerin Hazırlanması ve Mikro Yapısının İncelenmesi	374
İ.TARHAN	String Akışkanlarda Inheritance Konformal Simetriler	379
M.C.BAYKUL, S.KÖSE F. SAĞDIÇ	The Investigation of Surface Analyses of A Semiconductor Thin Film By Using AES And XPS.	391

CamScanner ile tarandı

I. Kızılırmak Fen Bilimleri Kongresi
14-16 Mayıs 1997, KIRIKKALE

OPTİKSEL HABERLEŞME SİSTEMİ OLARAK FİBERLERİN YAPISI VE BİLGİ AKTARIMI

N.AS, A.AVİNÇ, M.ÖZER, A.GÜNGÖR
U.Ü Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü 16059 Görükle/BURSA

ÖZET

Bu çalışmada günümüzre birçok alanda kullanılan fiberlerin yapısından, sınıflandırılmasından ve aynı zamanda bu sınıflandırmalarda etken olan mode kavramından bahsettik. Bu sırada önemli fiber parametrelerini içeren bir büyüklük tanımladık. Normalize edilmiş frekans da denilen bu büyüklüğe V-sayısı denir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$V=\frac{2\pi}{\lambda}a\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Burada a, fiber yarıçapı λ, fiber içinde ilerleyen dalganın serbest uzay dalga boyu, n_1 core ve n_2 cladding kırılma indisidir.

Işığın fiber içinde en az kayıpla ilerleyebilmesi yani core içinde kalabilmesi de üzerinde çalışılan önemli konulardan biridir. Yine bu çalışmada bunun için ışığın core-cladding yüzeyine geliş açısının ve buradan hareketle fibere giriş açısının ne olacağına inceledik ve bu açıyı aşağıdaki şekilde bulduk.

$$\sin i_{max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Son olarak da ışık dalgasının dolayısıyla bilgilerin çeşitli tipteki fiberlerde ilerlerken maruz kaldığı dispersiyon çeşitlerinden bahsettik.

ABSTRACT

In this study we have explained the structure of optical fibers, grouped them and gave mode conception which is very important idea to clasify fibers. We have defined a term V-number which contains important parameters of a fiber and can be expressed as

$$V=\frac{2\pi}{\lambda}a\sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

In this relation a is the radius of fiber, λ the wavelenght of electromagnetic wave which propagates in the fiber, n_1 and n_2 refractive indices of core and cladding respectively.

One of the important problem of fiber technology is the guiding light in the fiber with minumum loss. The incident angle of light on core cladding interface is very important and its related to the incoming angle of light to fiber. The maximum value of this angle to guide light in the fiber is given as

$$\sin i_{max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Finally we have discussed different light dispersion and its effects on sinyal propagation in fibers.

CamScanner ile tarandı

GİRİŞ

Optiksel haberleşme sistemleri bir ışık kaynağı, ışık sinyallerinin aktarılacağı bir ortam ve bu sinyalleri elektrik sinyaline dönüştürecek bir alıcı elemana ihtiyaç duyar. İşte sinyalleri alıcıya aktaran bu ortamlardan en önemlisi çeşitli tipteki fiberlerdir. Optiksel fiberlerdeki bilgi aktarımının bakır tele göre aşağıdaki gibi bazı avantajları bulunmaktadır.

a) Band genişliği fazla

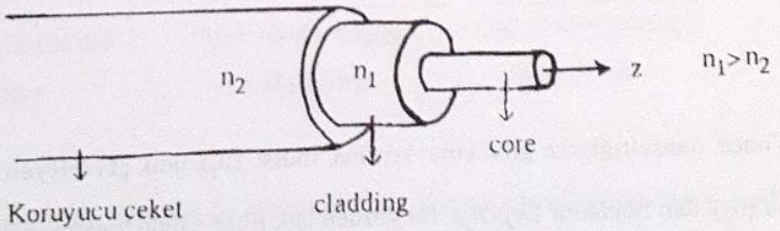
b) Kayıpları az

c) Maliyeti düşük

d) Ağırlığ düşük

e) Küçük mesafede ve aynı anda birden fazla veri aktarımı

Bu avantajlarından dolayı bilgiler gelecekte düşük mikrodalgalar yerine optiksel frekanslarla taşınacak ve birkaç ses kanalı ya da televizyon(TV) kanalı bir fiberde aktarılabilecektir. Optiksel haberleşmede kullanılan bu fiberler, optiksel frekanslı dalgaları uzun mesafede klavuzlayan(görünür ve kırmızı ötesi) ve ışığı geçiren dielektriklerden yapılmış ince dalga klavuzlarıdır. Genellikle aşağıdaki gibi dairesel kesitli silindirik yapıya sahiptirler.

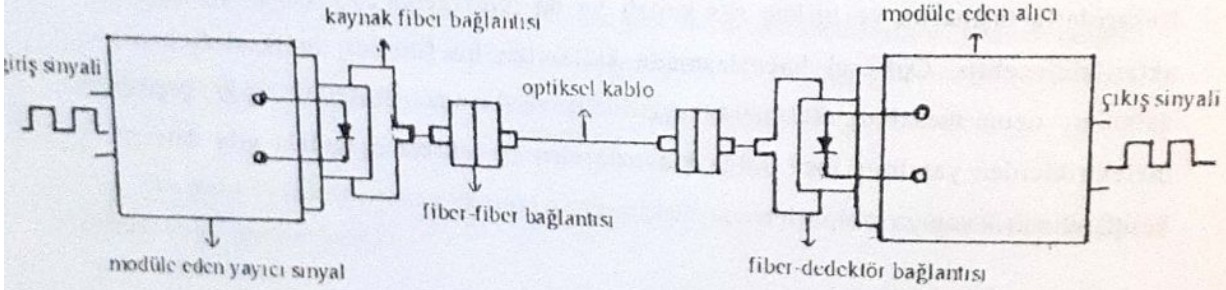


Görüldüğü gibi bir optiksel fiber core, cladding ve koruyucu ceket olarak adlandırılan üç tabakadan oluşur. Core olarak adlandırılan en içteki tabaka camdan yapılmıştır. Fakat kırılma indisini arttırmak için germanyum gibi metaryaller ile katkılanmıştır. Core' u çevreleyen cladding ise saf silicadır (Silica: Beyaz ve renksiz kristal bileşimi olup SiO_2

CamScanner ile tarandı

ile gösterilir. Aynı zamanda Quartz, kum ve diğer bazı minerallerde bulunup cam ve çimento yapımında kullanılır). Cladding kırılma indisi core' a nazaran daha düşüktür. Bütün bu sistem plastik metaryalden yapılmış ve koruyucu ceket olarak adlandırılan son tabaka ile sarılmıştır.Cladding yeterince kalın olduğu için core' da yayılan ışık son tabaka ile etkileşmez. Bu yüzden bu son tabaka fiberin yayılma karakteristiklerinde bir rol oynamaz.

Optiksel fiber bilgi aktarım hattında taşıyıcı sinyal dijital ya da analog olabilir. Bu elektriksel sinyaller bir sistem ile optiksel sinyallere çevrilir. Modüle edilmiş bu sinyaller fiber üzerinden alıcıya aktarılır. Alıcı bu optiksel sinyali tekrar elektrik sinyaline çevirir ve böylece bilgi aktarılmış olur. Bilgiyi iletim mesafesi yayıcı ile alıcı arasında en uygun güç aktarımını verecek şekilde ayarlanmalıdır. Uzun bilgi iletim hatlarında en uygun güç aktarımı için fiberler en iyi şekilde eklenir ya da sisteme tekrarlayıcılar ilave edilir. Bu süreç şu şekilde gösterilebilir.

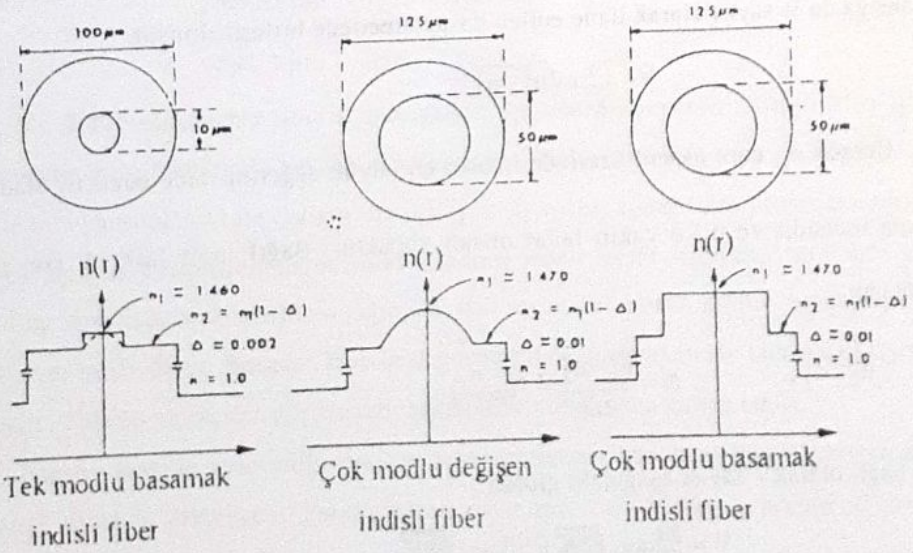


Daha önce bahsettiğimiz gibi core kırılma indisi (n_1) onu çevreleyen cladding kırılma indisi (n_2)' den büyüktür ($n_1 > n_2$). Bu yüzden ışık fiber içinde toplam iç yansımalar ile ilerler. Yani ışık fiberin core' u içine girdiği zaman iki dielektrik ortam arasında tam yansımaya uğrayarak core içinde kalır ve böylece ilerler. Bu işlem core içinde birçok kez tekrarlanır. Fakat her defasında yansıyan ışığın şiddetinin küçük bir kısmı kaybolur. Bu ışığın zamanla sönümlenmesine sebep olur. Bu olay fibere fazla katkılama yapıldığında da olur.

CamScanner ile tarandı

FİBERLERİN SINIFLANDIRILMASI

Bir titreşim hareketinde ana titreşim şekillerine mode(*kip*) denildiğini biliyoruz. İşte ışık dalgaları da fiber içinde böyle belirli alan şekillerinde yayılır. Buna bağlı olarak fiberler, tek modlu(*single mode*) ve çok modlu(*multimode*) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Şayet fiber içinde elektromanyetik dalganın tek frekanslı bir modu yayılıyorsa tek modlu, birden fazla modu yayılıyorsa çok modlu fiber olarak adlandırılır. Tek modlu fiberler coherent ışık veren fiberler ile kullanılır. Şayet fiberin core' u yeterince küçültülürse fiber boyunca sadece temel mode klavuzlanabilir. Çok modlu fiberler ise LED' ler gibi incoherent ışık kaynakları ile kullanılır.



Tek modlu basamak indisli fiber

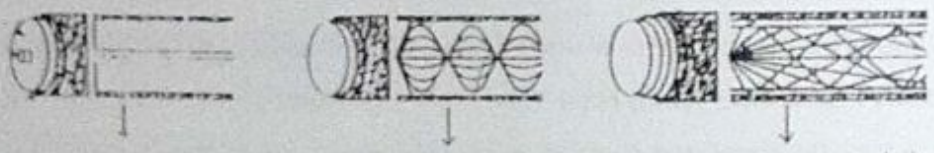
Çok modlu değişen indisli fiber

Çok modlu basamak indisli fiber

İki tip multimode fiber vardır. Bu sınıflama fiberin kırılma indisine göre yapılmıştır. Genellikle core kırılma indisi fiberin z-ekseni boyunca uniformdur. Fakat enine kesitte değişebilir. İlk grup multimode fiber basamak indisli fiber(*step- index fiber*)dir. Bu fiberler core' da uniform, core-cladding arayüzeyinde ise basamak sıçramalı kırılma indisine sahiptir ve fiberin core çapı tek modlu fiberinkinden büyüktür. İkinci grup çok modlu fiber ise değişen indisli fiber(*graded index fiber*) olarak bilinir. Bu fiberde kırılma indisi merkezden core cladding arayüzeyine doğru azalır. Işık en rahat bu şekildeki bir fiberde core içine sokulabilmektedir. Parobolik indisli fiberler buna örnektir. Bu şekildeki

CamScanner ile tarandı

fiberlerin core u temsili olarak aşağıdaki şekilde gösterilebilir.



tek modlu fiber - Çok modlu değişen indisli fiber çok modlu basamak indisli fiber

MODE KAVRAMI

Verilen bir fiberin modlara ait özellikleri fiberin indis dağılımı(n), core yarıçapı(a) ve fiber içinde ilerleyen dalganın serbest uzay dalga boyu λ gibi değişik yapısal parametrelerine bağlıdır. Bu büyüklüklerin hepsi V ile gösterilen ve normalize edilmiş frekans ya da V sayısı olarak ifade edilen bir parametrede birleştirilmiştir.

$$V=\frac{2\pi}{\lambda}a\sqrt{n_1^2-n_2^2}$$

Burada n_1, core ekseni üzerinde indisin en büyük değerini ifade eder. n_2 cladding kırılma indisidir ve n_1 e yakın fakat ondan küçüktür. Bağıl indis farkı Δ ise şöyle tanımlanır.

$$n_1 \approx n_2 , \qquad \Delta=\frac{n_1^2-n_2^2}{2n_1^2}\approx\frac{n_1-n_2}{n_1}$$

Buna bağlı olarakV sayısı aşağıdaki gibidir.

$$V=\frac{2\pi}{\lambda}an_1\sqrt{2\Delta}=\frac{2\pi}{\lambda}an_2\sqrt{2\Delta}$$

V sayısı bir anlamda fiber içinde oluşabilecek izinli mode sayısını ifade eder. V sayısı küçük ise oluşacak mode sayısıda küçüktür. Buradan her bir modun ilerleyebilmesi için belirli bir V değerine sahip olması sonucu ortaya çıkarılmaktadır. Bu değer kritik V-sayısı olarak isimlendirilir ve V_c ile gösterilir. Şayet $V< V_c$ ise fiber içerisinde o değere(dalga boyuna) ait mode ilerleyemez. $V> V_c$ olduğu zaman mod fiber içinde ilerleyebilir. V sayısı çok çok küçültülecek olursa fiber içinde yalnız bir mode ilerlemesine imkan sağlanır. Bu da ya core çapını küçültmek ya indis farkını azaltmak ya da çalışılan dalga boyunu arttırmak ile olur.

CamScanner ile tarandı

Fiber üzerindeki çalışmalar tariflenen V sayısı büyüklüğüne göre iki şekilde gerçekleştirilir. $V \geq 10$ olduğu zaman çalışmalarda ışın optiği kullanımı kolaylık sağlar. Fakat bu durumda fiber çok modlu olur. Örneğin basamak indisli bir fiberde,

$n_1 = 1.47$ $n_2 = 1.45$ $a = 25\ \mu m$ ise

$\lambda = 0.85\ \mu m$ için $V \cong 44.7$

$\lambda = 1.3\ \mu m$ için $V \cong 29.2$ olur.

V sayısı küçük ise de çalışmalarda dalga optiği kullanımı gerekir. Aksi halde sonuca ulaşmak mümkün olamaz. Yine basamak indisli bir fiberde,

$n_1 = 1.452$ $n_2 = 1.45$ $a = 5\ \mu m$ ise

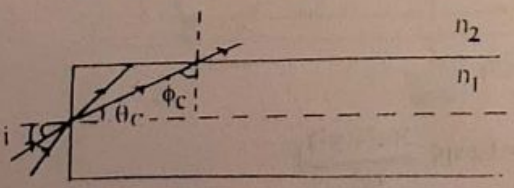
$\lambda = 0.85\ \mu m$ için $V \cong 2.82$

$\lambda = 1.3\ \mu m$ için $V \cong 1.84$ olur.

$V < 2.405$ olduğunda fiber içinde yalnız bir mod ilerleyebilir. Işığın fiber içinde ilerleyişine göre modlar iki şekilde isimlendirilir. Daha önce ışığın ya da bilginin fiber içinde tam yansımalarla ilerlediğini belirtmiştik. İşte fiber içinde tam yansımaya uğrayan ve ışık ışınına benzetilen moda kılavuzlanmış mode denir. İlerleme sırasında core-cladding arayüzeyinde kırınıma uğrayan ışık ışını ile temsil edilen moda(kipe) ise radyasyon modu denir. Buradan fiberdeki gücün kılavuzlanmış mode tarafından taşındığı anlaşılır. Kırılan ve saçılan güç ise radyasyon modu tarafından temsil edilir.

Işığın yukarıda anlatıldığı şekilde kılavuzlanması için bazı büyüklüklerin aldığı değerler oldukça önemlidir. Kılavuzlanma için ışık core-cladding arayüzeyinde tam yansımaya uğramalıdır. Bunun için de arayüzeye geliş açısı kritik açı olarak bilinen ϕ_C değerinde ya da büyük olmalıdır. Işığın core cladding arayüzeyine bu değerlerde düşmesi için fibere giriş açısının büyüklüğü de önemlidir. Aşağıdaki inceleme ile bu değerler bulunabilir.

Core-cladding arayüzeyinde Snell kanunundan hareket ile



$$\sin \phi_c = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{ve} \quad \cos \theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

CamScanner ile tarandı

olarak bulunur. Buradan ışığın fiber'e giriş açısı yine Snell kanunundan şudur

$$\sin i_{max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

Sin değeri en büyük 1 olduğu için

$$\sqrt{n_1^2 - n_2^2} \leq 1$$

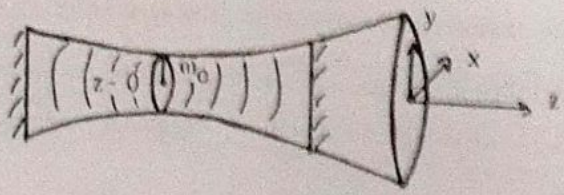
$$n_1^2 < n_2^2 + 1 \quad \text{olur}$$

Buradaki $\sin i_{max}$ ifadesine sayısal açıklık[Numerical Aparture (NA)] denir. Bu ışık toplama gücü olarak da ifade edilir. Yani ışığı fiber içine en uygun biçimde sokabilmek için fiberin giriş yüzeyine hangi maximum açı ile gelmesi gerektiğini bulmamızı sağlar.

Örneğin $n_1 = 1.49$, $n_2 = 1.47$ ise $NA = 0.243$ ve $i_{max} = 14^o$ olur. Şayet $i > 14$ ise ışığın fiber içine girmesi zordur.

GAUSS IŞIN DEMETLERİ

Optiksel ışın demetleri uzayda yayılırken, difraksiyon nedeni ile şiddet dağılımları değişir. Biliyoruz ki şiddet dağılımları gauss eğrisi şeklinde olan ışın demetlerine gauss ışın demetleri denilmektedir. Bir laser temel modda titreştiği zaman enine genlik dağılımı gaussiyendir. Aynı şekilde bir optiksel fiberin de temel modunun enine genlik dağılımı gaussiyene oldukça yakındır. Bu yüzden fiber optikte gaussiyen ışın çalışması oldukça önemlidir.



z = 0 da gauss ışın demetinin şiddeti şöyle verilir,

$$I(x,y,0) = I_0 \exp\left[-\frac{2r^2}{w_0^2}\right] = I_0 \exp\left[-\frac{2(x^2+y^2)}{w_0^2}\right]$$

CamScanner ile tarandı

burada I_0, ışık demetinin merkezindeki şiddet, ω_0 ise demet genişliğinin bir ölçüsü olup ışın demetinin en küçük olduğu yerdeki genişliği ifade eder ve demetin nokta boyutu(spot size) olarak adlandırılır. z mesafesi arttıkça ışık yayılacağı için şiddet azalacaktır. z mesafesine bağlı şiddet ifadesi ise şöyle verilmektedir.

$$I(x,y,z) = I_0 \frac{\omega_0^2}{\omega^2(z)} \exp\left[\frac{-2r^2}{\omega^2(z)}\right] = I_0 \frac{\omega_0^2}{\omega^2(z)} \exp\left[\frac{-2(x^2+y^2)}{\omega^2(z)}\right]$$

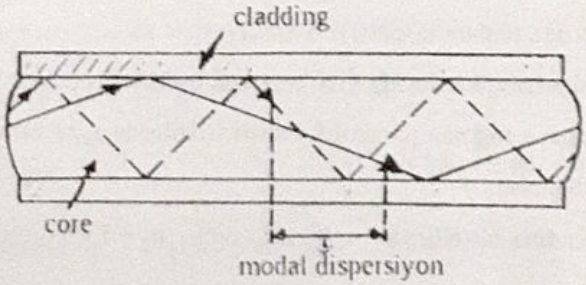
$\omega(z)$, z' ye bağlı , ışık demetinin kesit genişliği(spot size) olarak bilinir ve ışığın naksaklığını verir. Bu aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\omega(z) = \omega_0 \left[1 + \frac{\lambda^2 z^2}{\pi^2 \omega_0^4}\right]^{1/2}$$

DİSPERSİYON

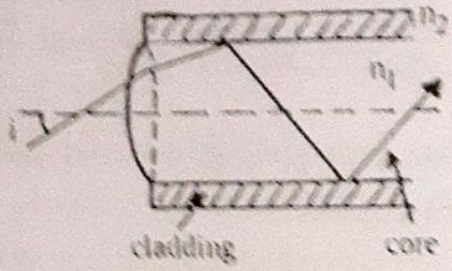
Bir haberleşme sisteminin bilgi taşıma kapasitesi bir saniyede gönderilen puls sayısı ile belirlenir. Fiber içerisindeki bilgiler de dijital pulslar halinde taşındığından bu pulsların birbirine karışmaması ve ayırt edilebilmesi oldukça önemlidir. Bu açıdan önemli problemlerden birisi çizgi genişlemesidir. Şayet fiber içerisindeki pulslar genişlemeye uğruyorsa bu olaya dispersiyon, böyle pulslara dispersif puls ve buna sebep olan ortama da dispersif ortam denir.

Bu dispersiyonun bir çeşidi puls ya da modal dispersiyon olarak adlandırılır. Bu dispersiyon, ışık ışınlarının ya da farklı modların aynı yolu farklı zamanlarda almasından kaynaklanır. Diğer bir deyişle farklı hızlarda ilerlemelerinden kaynaklanır. Bu dispersiyona ışık ışını optiğinde puls dispersiyonu, dalga optiğinde ise modal dispersiyon(inter modal dispersiyon) denir.



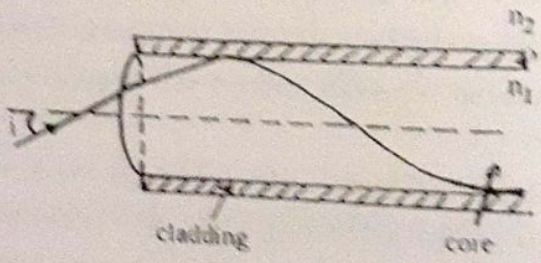
CamScanner ile tarandı

Basamak indisli bir fiberi ele alırsak ışınlar aşağıda görüldüğü gibi core cladding arayüzeyi ile açı yaparak ilerlerler. Bu fiberde geniş açı yapan ışınlar dar açı yapan ışınlara göre daha fazla yol katettiklerinden ışınlar fiberin çıkış ucuna farklı zamanlarda ulaşırlar, böylece pulsta bir genişleme meydana gelir.



Basamak indisli fiber

Değişen indisli fiberlerde ise kırılma indisi fiber içinde değiştiği için ışın sonlu eğrisel yol alıyormuş gibi düşünülür. kırılma indisi yarıçap doğrultusunda gittikçe azaldığından ışık ışını core merkezine yaklaşırken daha yavaş, yarıçap doğrultusunda core'dan uzaklaşırken daha hızlı hareket edecektir($c-c_0/n$). Yani ışınlar basamak indisli fiberde olduğu gibi tam yansımaya uğramayarak, kırılma indisi değiştiği için aşağıdaki gibi core eksenine doğru bükülerek eğrisel bir yol alırlar.



Değişen indisli fiber

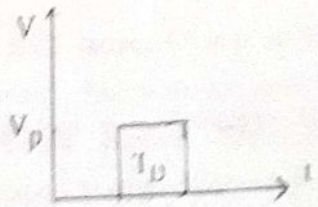
Eğrisel yol izleyen ışınlardan uzun mesafe katedenler daha hızlı, kısa mesafe katedenler daha yavaş hareket ettiğinden yukarıda bahsedilen kırılma indisi etkisi ile bu eğrisel yol etkisi birbirini tamamlar ve pulsların(modların) fiber ucuna ulaşma zamanı birbirine yaklaşır. Bu yüzden toplam dispersiyon azalır.

Yukarıda anlatılanlardan çıkarılacağı gibi basamak indisli fiberlerde bilgi diğer uca farklı zamanlarda ulaşmasına rağmen parabolik indisli fiberlerde aynı zamanda ulaşır ve pulstaki genişleme azalmış olur.

Örneğin basamak indisli bir fiberde $n_1 = 1,47$ ve $n_2 = 1,45$ olduğu zaman puls genişlemesi $\Delta t \cong 68$ ns/km olur. Bu süre bize ikinci bilginin gönderilmesi gereken

CamScanner ile tarandı

minimum zaman verir. Eğer bilgiler 68 ns' den önce gönderilirse birbirine karışacaktır. Bu yüzden ikinci bilgi $\Delta\tau$' nun yaklaşık iki katı kadar bir sürede gönderilmelidir. Şayet bu şekildeki puls süresine T_D denirse fiberin band genişliği(BW) şöyle olur.



$BW = 1 / T_D$

Band genişliği ne kadar fazla ise puls genişliği o kadar azalır. Bu da bilgi taşıma hızının artması demektir. Yukarıdaki örneği tekrar ele alırsak, BW = 8 Mbits/skm olur. Bu basamak indisli fiber için bulunan bir sonuçtur. Parabolik indisli bir fiberde ise BW = 1 Gbits/skm dir ($\Delta\tau$= 0.46 ns)

Dispersiyonun bir çeşidi de ışığın farklı dalga boylarının ortamda farklı hızlarda ilerlemesinden kaynaklanır. Bu farklılık dalga boyunun kırılma indisine bağlı olmasından dır. Işık bu şekilde meydana gelen genişlemeye metaryal dispersiyonu denir. Işığın frekansı değişmediği için kırılma indisi değişimi ile hızı ve dolayısıyla dalga boyu da değişkenlik gösterecektir.

Bir gaussiyen pulsun dispersif ortam içinde yayılması $k(\omega)$ yayılma sabiti ile aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$k(\omega) = \frac{\omega}{c}\, n(\omega)$$

Bu ifadeden de anlaşılacağı gibi çeşitli dalga boyları içeren ışık fiber core' u içine girdiği zaman her dalga farklı kırılma indisli bölgelerde farklı ilerleme sabitine sahip olacak ve her dalga farklı grup hızı ile ilerleyecektir. Bu sebepten dalgalar fiber içindeki yolu farklı zamanlarda alır ve pulsta bir genişleme olur. (Metaryal dispersiyonu, $\Delta\tau_m$)

Saf silica için $\lambda \cong 0.8$ µm de $\Delta\tau_m \cong 113$ ps/km nm

LED kaynağı için $\Delta\lambda \cong 25$ nm ve $\lambda \cong 0.85$ µm de $\Delta\tau_m \cong 2.8$ ns/km

Farklı dalga boyu veren LED kaynağı için $\lambda = 1.55$ µm de $\Delta\tau_m \cong 22$ ps/km nm dir.

CamScanner ile tarandı

Fiber içindeki temel modun yayılma sabiti de aşağıdaki şekildedir

$$\beta(\omega) = \frac{\omega}{c} n_e(\omega)$$

Buradaki $n_e(\omega)$ etkin kırılma indisidir ve $n(\omega)$ ile aynı rolu oynar. Core cladding kırılma indisi dalga boyu ile değişiyorsa $n_e(\omega)$ da değişmekte ve metaryal dispersiyonu oluşmaktaydı. Bazı durumlarda core cladding kırılma indisleri sabit bile olsa modun ilerleme sabiti dalga boyu ile değişecektir. Yani fiberin yayılma karakteristikleri farklılaşacak ve bu da bir pulsgenişlemesine sebep olacaktır. Puls dispersiyonuna bu katkı dalga klavuzunun özelliklerinden kaynaklandığından dalga klavuzu dispersiyonu olarak isimlendirilir.

Metaryal ve dalga klavuzu dispersiyonlarının toplamı kromatik(chromatic) dispersiyon olarak dlandırılır ($\Delta\tau$)

Sonuçta ışığın ya da bilgilerin fiber içinde iletilmesinde de çeşitli problemler vardır. Fakat bilgiler diğer sistemlere göre yani bakır tele göre fiber kablo içerisinde daha hızlı, daha az kayıpla ve en ekonomik bir şekilde iletildiğinden(aynı zamanda aynı anda birden fazla bilgi iletildiğinden) son yıllarda fiber optik haberleşme sistemi, üzerinde çalışmaların yoğunlaştığı ve birçok alanda da kullanıma başlanan bir yöntem olmuştur.

KAYNAKLAR:

1) A. Ghatak, A. Sharma, R. Tewari, Understanding Fiber Optics On a PC, Physics Department Indian Institute of Technology Delhi, New Delhi (1994)

2) Allen H. Cherin, An Introduction to Optical Fibers, Bell Laboratories Atlanta Georgia (1983)

3) A.K. Ghatak and K. Thyagarajan, Optical Electronics, Cambridge Universty Press (1989). Reprinted by foundation books, New Delhi (1991)

4) M.J. Adams, An Introduction to Optical Wave guides, John Wiley, Chichester (1981)

CamScanner ile tarandı