

Fotonikus kristályok

Új korszak küszöbén az optikai távközlés

TAKÁCS SÁNDOR

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Szélessávú Hírközlő és Villamosságtan Tanszék
takacss@freemail.hu

Kulcsszavak: fotonikus kristály, optikai hullámvezető, optikai távközlés

Az elmúlt évtizedben gyors ütemben megvalósultak és meglepően új eredményeket hoztak a fény (fotonok) számára félvezetőként viselkedő, mesterségesen előállított térben periodikus struktúrák, a fotonikus kristályok. Röviden áttekintjük néhány újszerű tulajdonságukat és fényvezetőként való felhasználásukat. Kitérünk az optikai távközlésben fontos szerepet játszó további aktív és passzív eszközök fejlesztésére is.

1. Bevezetés

A modern távközlés története sokféle szempont alapján szakaszolható. Közöttük legfeltűnőbb a gyorsan növekvő átviteli igények kiszolgálásához szükséges vívőfrekvenciák spektrumának állandó szélesedése. Nagyjából 100 év alatt a hosszú- és középhullámoktól az optikai tartományig jutottunk el (~10 nagyságrend!), s ma a távközlő forgalom túlnyomó hányada az elmúlt 25 évben kifejlesztett és telepített üvegszálalásos fényvezető rendszereken bonyolódik. A fényvezető szál, különösen annak egymódusú változata kiváló átviteli csatorna:

- Alap (LP_{01}) módusban ~8 μm átmérőjű, erősen koncentrált nyalábot továbbít.
- Tipikusan < 0,2 dB/km a csillapítása a ma használatos hullámhosszakon, s ezért csupán 50-100 km-ként szükséges az erősítés/regenerálás.
- Diszperzióját igen kifinomult módszerekkel széles sávban kompenzálni lehet.

Hiteles források szerint [1] jelenleg óránként körülbelül 5000 km optikai kábelt telepítenek a világon. Az egyes optikai szálak átviteli kapacitása pedig évente megduplázódik. Kereskedelmi termékek azok a rendszerek, amelyek egyetlen optikai szálon 500 Gb/s-os átvitelt tesznek lehetővé. A laboratóriumi kísérletek alapján a belátható jövőben ennek az átviteli kapacitásnak további növekedése várható.

Ha figyelembe vesszük, hogy a szilícium (Si) alapú fényvezető szál nagytávolságú átvitelt lehetővé tevő transzparens ablaka kb. 50 THz szélességű, akkor a jelenlegi fejlődési dinamika mellett ezt már 5-6 év múlva kimerítjük. Kétségtelen, hogy a fotonikai kapacitás gyorsabban nő, mint az elektronikai és a rendelkezésre álló optikai sáv hatékonyabb kihasználása is a sűrűtől teendő közé tartozik.

A Si-alapú fényvezető eszközök fejlesztése során a további gyors haladás korlátjai is nyilvánvalóvá váltak:

- A Si-ban fellépő Rayleigh-szórás miatt az infravörös (1-10 μm) tartományban a veszteségek elviselhetetlenül nagyok.

- A több tízezer csatorna egyidejű átvitele olyan nagy elektromos térerősséget hoz létre az üvegszálban, amely mellett a különböző típusú nemlineáris hatások ~100 km távolság után már tűrhetetlenül nagy torzításokat okoznak
- Mivel a szál alapmódusa elfajult, a terjedés során polarizáció-módus diszperzió (PMD) lép fel, s ez alig leküzdhető nehézségeket okoz az átvitel minőségének megőrzésében.

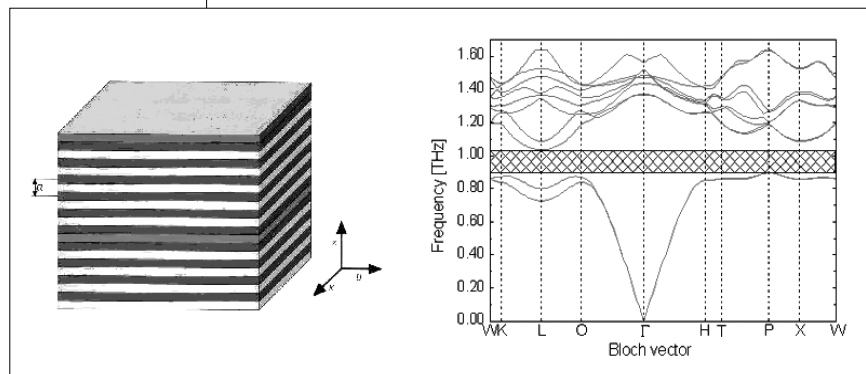
Fentiekén túl, az egyre növekvő frekvenciák látványos változásokkal jártak együtt az erősítők és oszcillátorok fizikai működésében, valamint felépítésükben is. Majdnem fél évszázadon át működésük a szabad elektronok és az elektromágneses (EM) tér kölcsönhatásán alapult. Az elektronok áramlását az elektroncsövekben az elektródák közötti tér vezérelte. Új („tranzisztor”) korszak kezdetét jelentette a félvezető eszközök létrehozása és széleskörű elterjedése. A felépítésében is sokféle eszköz lényegi közös vonása, hogy bennük az elektronok (és lyukak) mozgását a félvezető anyagok sáv szerkezete, főként a valencia-és vezetési sávot elválasztó úgynevezett *tiltott sáv* (band gap) jelenléte és tulajdonságai alapvetően befolyásolják [2,3]. (A részletekről az Olvasó Kádár György és Szabó Zsolt e számunkban közölt cikkéből tájékozódhat.)

Erre vezethető vissza az ilyen eszközök működési sebességének a korlátja is. Így teljesen érthető az a több évtizedes törekvés, amely a „lomha” elektronokat a sokkal „fürgébb” fotonokkal igyekezett felváltani és számukra hasonló környezetet biztosítani, mint amilyen egy félvezető az elektronok számára. Ezért a fotonok félvezetőinek is nevezhetnénk azokat a mesterségesen előállított (nano-)struktúrákat, amelyek első konkrét leírásai már 1987-ben megjelentek [4,5], gyakorlati előállításuk 1995-ben történt meg [6] és *fotonikus kristályok* (photonic crystal, band-gap crystal) néven bizonyosan új korszak kezdetét jelentik – más szakterületek mellett – az optikai távközlésben is [7-11]. Az elmúlt évtized ezen a téren minden várakozást felülmúló intenzitású, kiterjedésű és alig áttekinthető mennyiségű publikációval kísért kutató-fejlesztő munkával telt el [12].

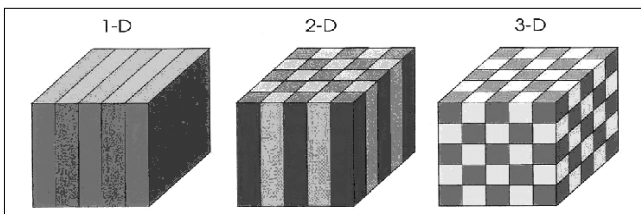
2. A fotonikus kristály szerkezete és alapvető optikai tulajdonságai

A fotonikus kristályok térben periodikus dielektromos vagy fém-dielektrikum (nano-)struktúrák, amelyekben az elektromágneses (EM) hullámok (fotonok) terjedését megengedett és tiltott energiasávok létrehozásával hasonló módon befolyásoljuk, mint az elektronok mozgását a félvezető kristályrácsokban. Amiként ez utóbbiak tiltott sávjában (adalékok nélkül!) nem tartózkodhatnak elektronok, a fotonikus kristály tiltott sávjában sem létezhetnek fotonok. Ez annyit jelent, hogy az ekkora energiákkal (~frekvenciákkal) rendelkező fotonok számára a kristály nem átlátszó, reflektálja a beeső fotonokat. Ugyanakkor más, a megengedett sávba eső fotonok akadálytalanul áthaladnak rajta. Ezért, az analógia alapján indokolt a *fotonikus tiltott sáv* (photonic band gap = PBG) megnevezés.

A formai hasonlóságok mellett, lényeges különbségek is vannak a kétféle működési mód alapjául szolgáló fizikai folyamatok között: a félvezető kristály rácsában az elektronok periodikus potenciáltérben mozognak, a fotonikus kristályokban viszont a periodikusan váltakozó optikai törésmutató (elektromos permittivitás) idéz elő hasonló jelenségeket. Néhány további fontos különbségre a későbbiekben még visszatérünk.



2. ábra
Egydimenziós fotonikus kristály és a tiltott sávot ábrázoló diszperzió-görbéje



1. ábra

Az egy-, két- és háromdimenziós fotonikus kristályok egyszerű esetei. A különböző árnyalatú tartományok különböző törésmutatójú anyagokat jeleznek. A kristály meghatározó tulajdonsága a dielektromos anyagnak a fő tengelyek mentén periodikusan váltakozó szerkezete.

2.1. Fotonikus tiltott sávok egydimenziós kristályokban

Elméletileg az egy, kettő vagy három dimenzióban periodikus struktúrákat szokás vizsgálni (1. ábra).

Közülük is legegyszerűbb az egydimenziós (1-D) kristályok analízise. Az ilyen multirétegek jól ismert tulajdonsága, hogy képesek a rájuk eső fényt minden irányban reflektálni, bár a periodicitásuk csak egyirányú. Az EM tér alapegyenleteiből viszonylag egyszerűen jól használható kifejezések kaphatók a multiréteg R reflexiós és T transzmissziós tényezőjére az egyes rétegek törésmutatójának és vastagságának az ismeretében. Ha például egy ilyen film $q=5$ rétegből áll, s váltakozva Si ($n_1=3,5$) és SiO₂ ($n_2=1,5$) rétegek követik egymást, optikai vastagságuk pedig egységesen $n_i d_i = \lambda/4$ ($i=1,2$), akkor $R^2=0,9999$ és $T^2=1-R^2=0,0001$. Mint

látható, ez a reflexió messze meghaladja a legjobb fémtükrökét. Ezért nélkülözhetetlen sok területen, például a lézertechnikában is.

Az ilyen nagy reflexiójú multiréteg struktúrákat *elosztott BRAGG-reflektoroknak* (DBR) nevezik. Abszorpciójuk elhanyagolható, de a sávzélességük korlátozott. A teljes reflexió tartománya éppen a *fotonikus tiltott sáv* (2. ábra). Már ezek az 1-D fotonikus kristályok is jól használhatók fényvezetőként az optikai távközlésben. Ha ugyanis egy kis törésmutatójú (levegő) hengeres közeget – a koaxiális kábelhez hasonlóan – fotonikus kristály henger vesz körül, akkor a fény a kristály mindenirányú reflexiója következtében a kis törésmutatójú „magban” terjed. S az a tény, hogy lehetséges a fényt levegőben vezetni, új lehetőséget jelent a nagy optikai teljesítmények átvitelére, kis nemlinearitás és csekély diszperzió mellett.

További finomabb részletek csak a fotonok mozgását leíró Maxwell-egyenletek megoldásával ismerhetők meg. Ez a feladat azonban – miként a félvezetőkben mozgó elektronokat leíró Schrödinger-egyenlet is – gyakorlatilag csak numerikus módszerekkel oldható meg. Ezért az ilyen irányú vizsgálatok nagyon fontosak, tekintettel a technológiai kísérletek hosszadalmas és igen költséges voltára is. A látszat ellenére, a kétféle feladat között lényeges különbségek is vannak. Közülük talán a legfontosabb, hogy az elektronokat skaláris hullámok, a fotonokat vektoriális hullámok írják le. Ezért a fény polarizációját általában nem lehet mellőzni, s például a fotonikus sáv kialakulásánál is fontos tényező.

2.2. Kétdimenziós fotonikus kristályok

A kétdimenziós (2-D) fotonikus kristályok előállítását (1995) követték eddig a legmeglepőbb eredmények [13-16]. A hosszú szál alakú fotonikus kristály (photonic crystal fiber – PCF), amelyet belső szerkezete alapján hol „lyukacsos” (holey), máskor *mikrostruktúrált* szálnak is neveznek [17,18], azonnal magára vonta a tudományos és technológus körök érdeklődését. Bár külsőleg nagyon hasonlít a hagyományos fényvezető szálna, a belseje példátlanul mikrostruktúrált; keresztmetszetében mikroszkópikus lyukak 2-D szabályos rácsát úgy

hozták létre, hogy a szál teljes hosszában azonos átmérőjű vékony, levegővel teli párhuzamos csatornák futnak végig. Ezek a csatornák falakat (szóró felületeket) képeznek, amelyek a fényt egy (üres vagy tömör üveg) központi magba „terelik”. A lyukak átmérője 25 nm és 50 μm között változhat, egyszerű esetben valamennyi lyuk átmérője azonos. Két szomszédos lyuk középpontjának a távolsága a rácsállandó. Bár a legtöbb fotonikus szál eddig tiszta Si üvegből készítették, újabban sikeres kísérleteket végeztek polimerekkel és nem Si alapú üvegekkel is.

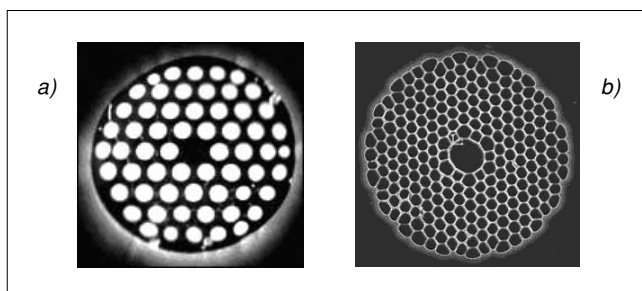
Az eddig előállított mikrostruktúrált szálak alapvetően kétféle szerkezettel, s ennek megfelelően eltérő működési mechanizmussal rendelkeznek. Az első típusba azok a szálak tartoznak, amelyekben a lyukak alkotta szabályos rács közepén hiányzik egy lyuk, s a helyét elfoglaló tömör üveg törésmutatója lényegesen nagyobb, mint az azt övező fotonikai kristály köpenyé (3/a. ábra). Ez a tömör mag hullámvezetőként viselkedik, magába zárja a fényt, vezetett módust hoz létre. Kísérletileg igazolták [13-16] az ilyen fényvezetők egymódusú működését a 337-1550 nm tartományban(!). Elméletileg az is előrelátható [13], hogy egy ilyen típusú szál még ennél rövidebb hullámhosszakon is egymódusú marad. Ez a – némi túlzással „endlessly”-nek is nevezett – egymódusú fényvezetés nyilván az egyik leghasznosabb tulajdonság.

A második típusú szálak még meglepőbbek, mivel a fotonikai tiltott sávnak köszönhetően lehetővé teszik a fény terjedését egy kis törésmutatójú szerkezeti hiba, a szál tengelyében futó üres (levegővel teli) cső belsejében. Ez esetben a fényvezetés fizikai alapja a levegő-üveg határokon fellépő erős koherens optikai visszaszórás. Az ilyen levegős magban körülbelül százszor akkora teljesítmény vihető át, mint tömör üvegben. A fényvezetésnek itt már nincs köze a teljes belső visszaverődéshez és nincs az ilyen szálnak kritikus befogadási szöge sem. Tulajdonságait elméletileg és kísérletileg is vizsgálták egy körülbelül 100 csövet tartalmazó méhsejt alakú struktúrán [16] (3/b. ábra).

A fény terjedése mindkét típusú szálban nagyon jól kontrollálható és transzformálható. Amint a tulajdonságaik folyamatosan javulnak (jelenleg az üres magban 13 dB/km, a tömör magban 0,58 dB/km a csillapításuk), egyre több alkalmazásra találnak sokféle tudományos és technikai területen.

3. ábra

- a) Tömör magú polimer kristály szál keresztmetszete
b) Üres magú fotonikus szál keresztmetszete



3. Néhány felhasználási lehetőség

A fotonikus kristályok már eddig is számos újszerű felhasználási lehetőséget kínáltak, bár ezeknek a zöme még kísérleti stádiumban van. Az optikai távközlés területén azonban a *fényvezető szál* gyakorlati valóság, noha egyelőre kevés vállalat képes az előállítására. Ez az egyik oka, hogy ma még speciális, csak ilyen eszközzel megvalósítható célokra használják. Közülük az alábbiakban részletezünk néhányat [19].

3.1.

A hagyományos optikai szálakban az egymódusú (SM) működés a mag és a köpeny törésmutatója közötti nagyon kicsi különbség miatt csak kis ($\sim 10 \mu\text{m}$) magátmérő esetén biztosítható. A fotonikus szálban ez a SM terjedés széles frekvenciasávban létrejön, ha a mag tömör és a lyukak átmérője a közöttük lévő távolsághoz képest elég csekély. Az ilyen *nagy móduskeresztmetsztű* szálak nagy optikai teljesítmények átvitelénél, valamint nagy teljesítményű lézerekben és erősítőben jól hasznosíthatók [20].

3.2.

Az előbbi esettel ellentétben, ha nagy a lyukak átmérője, de a tömör mag átmérőjét $\sim 0,8 \mu\text{m}$ -re csökkentjük, vagyis *ultra-kicsi móduskeresztmetszetet* állítunk elő, akkor a fotonikus szál diszperziója 560 nm-nél (láttható zöld) válik zérussá. Ez pedig gyökeresen eltér a hagyományos szál 1300 nm-es értékétől. Valójában a fotonikus szál szerkezete teszi lehetővé, hogy a diszperzió-görbe alakját sokféle módon megváltoztassuk, s így módon váratlan és gyakran igen hasznos hatásokat idézzünk elő [21].

3.3.

Az előző pontban említett fotonikus szálak egy másik jellemző tulajdonsága, hogy adott bemenő teljesítmény mellett a magban igen nagy fényintenzitás lép fel. Ez a mag törésmutatójának jelentős változásait idézi elő, ami viszont erős *nemlineáris effektusokra* vezet. A 3.2. pontban leírt szál magja például, egy 2 ps szélességű és 10 nJ energiájú infravörös impulzust egy olyan „burst”-be konvertál, amelynek a spektruma megegyezik a Napéval, de annál 10^4 -szer fényesebb. Egy ilyen fényforrás frekvencia-mérési, orvosi képalkotási és spektroszkópiai célokra is kiválóan megfelel [19].

3.4.

Ha a magot körülvevő lyukak méretét és eloszlását megfelelően választjuk meg, a vezetett módusok *kettőtörésűvé* válnak, vagyis a fény a polarizációs állapottól függő különböző sebességekkel terjed benne. A fotonikus kristály szálakkal eddig elért kettőtörés szintje egy nagyságrenddel meghaladja a hagyományos szálakét. Az ilyen fotonikus szálak polarizációt megőrző tulajdonsága igen értékes, jól hasznosítható tulajdonság [22].

3.5.

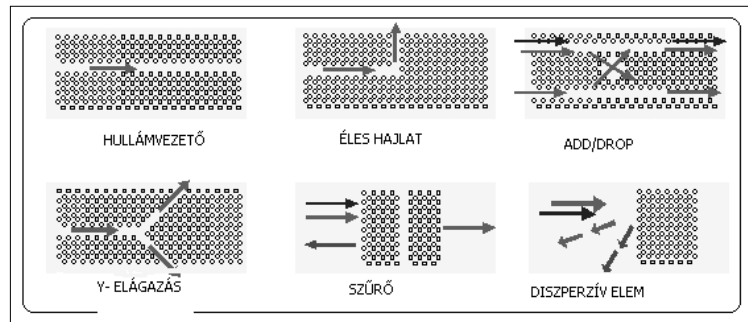
A lyukas magú fotonikus szál valamennyi közül leginkább alkalmas az optikai távközlés színterének átfarmálására. Ennek megértéséhez vegyük figyelembe, hogy a jelenlegi nagytávolságú rendszerek csak korlátozott nagyságú teljesítményt továbbíthatnak, hogy az üvegben fellépő nemlinearitások ne okozzanak interferenciát az egyes csatornák között, ezzel növelve a hibavalószínűséget és csökkentve a megbízható átvitel sebességét. Ez a hatás erősödik a csatornák számának és sűrűségének növekedésével. Egy lyukas (levegő) magú fotonikus szálban a nemlinearitások majdnem teljesen hiányoznak, ami igen nagy (a jelenleginél kb. 1000-szer nagyobb) teljesítmények átvitelét engedi meg áthallások nélkül. A nemlinearitásnak ez a majdnem teljes hiánya bámulatos távlatokat vetít elénk: az Atlanti óceán erősítők nélkül is áthidalható, ezzel nyilván megnő a rendszer megbízhatósága, s lényegesen csökken a készülékek és a telepítés költsége. A lyukas magú szálnak a ma használatos szálakénál sokkal kisebb *csillapítás* is nagy előnye [19,23].

3.6.

Igen jelentős változásokra vezettek a fotonikus kristályok a lézerek és a VCSEL-ek tulajdonságaiban. Majdnem 50 éves törekvés volt a spontán emisszió elnyomása előbb a mikrohullámú, majd az optikai rezonátorokban. Részben az ilyen célú kutatások vezettek el a fotonikus kristályokhoz [4]. A gyakorlat fényesen igazolta a várakozásokat, a megfelelő tiltott sáv valóban megakadályozza a spontán emissziót. Ennek köszönhetően lényegesen javult a lézerek határfoka, emittált spektruma, sugárzásuk irányítottsága. Gyakorlatilag eltűnt a küszöbáramuk, bekapcsoláskor azonnal lézer üzemben működnek. Külön is említést érdemelnek a polimer fotonikus szálakból kialakított lézerek és erősítők. Elkészítésük egyszerű, eddig elért paramétereik imponálóak [24,27].

Ha az egyébként tökéletes fotonikus kristályban rácshibát hozunk létre, akkor lokalizált EM módus keletkezik a tiltott sávban [28]. Bizonyos jól meghatározott frekvenciájú fotonokat a defekt térfogata magába zár. Miniatűr nano-rezonátort lehet így kialakítani, ami sokféle célra felhasználható univerzális építő elem. Ha egy lézer rezonátora, akkor maga a lézer is hasonlóan kis méretű. Már sikerült olyan lézert készíteni, amelyben a rezonátor átmérője 500 nm, vastagsága pedig 200 nm. A jövő optikai IC-jének lényeges eleme lesz.

Hangsúlyozni érdemes, hogy a nagy erővel folyó kutatások nagyon ambiciózus célt követnek: egy teljesen integrált optikai távközlő rendszer létrehozását a nem túl távoli jövőben. Ennek az alapját a nano-technológiával előállított hálózatképző elemek alkotják. Az elmúlt években nagy lépések történtek ebben az irányban, egész sor jól működő elemet sikerült előállítani: hullámvezetőket és belőlük kialakított számos további



4. ábra Néhány nano-áramköri alkalmazás

elemet [26,28], szűrőket [29], kapcsolókat [30], multiplexereket [31] és sok más (4. ábra). Bizonyosnak látszik, hogy ez a munka 5-10 éven belül az optikai távközlés jelentős átalakulását fogja eredményezni.

4. Összegzés

Az elmúlt évtizedben igen aktív K+F tevékenység bontakozott ki a világ számos fejlett országában a fotonikus kristályok előállítására és alapos megismerésére céljából. Elkezdődött és gyors ütemben folyik az ilyen kristályok felhasználása új típusú optikai hálózatképző elemek előállítására. Az eddigi eredmények bámulatosak, s előre vetítik az optikai távközlés gyökeres megújulását. Erre a hazai szakmai köröknek is az eddiginél jóval nagyobb figyelmet érdemes fordítani.

Irodalom

- [1] Glass, A. M. et al.: Advances in fiber optics. Bell Labs. Technical Journal 2000, p.168.
- [2] Simonyi Károly: Elektronfizika. Tankönyvkiadó, Budapest, 1965.
- [3] Sze, S. M.: Physics of semiconductor devices, 2nd ed., Wiley, New York, 1981.
- [4] Yablonovits, E.: Inhibited spontaneous emission in solid-state physics and electronics. Phys. Rev. Letters 58 (1987), pp.2059–2062.
- [5] John, S.: Strong localization of photons in certain disordered dielectric superlattices. Phys. Rev. Letters 58 (1987), pp.2486–2489.
- [6] Joannopoulos, J. D. et al.: Photonic crystals: Molding the flow of light. Princeton University Press, Princeton, 1995.
- [7] Soukoulis, C. M. Ed.: Photonic bandgap materials. Kluwer, Dordrecht, 1996.
- [8] Fleming, J. D. et al.: Optics Letters 24. (1999), pp.49–51.
- [9] Krauss, Th. F. et al.: Photonic crystals in the optical regime: past, present and future. Progress in Quantum Electronics 23 (1999), pp.51–96.
- [10] Sakoda, K.: Optical properties of photonic crystals. Springer, Berlin, 2001.
- [11] Parker, G.: Photonic crystals. Physics World 2002 (8).

- [12] <http://www.pbglink.com> (több mint 1000 forráshely!)
- [13] Birks, T. A. et al.: Endlessly single-mode photonic crystal fiber. *Optics Letters* 22 (1997), pp.961–963.
- [14] Knight, J. C. et al.: Large mode area photonic crystal fibre. *Electronics Letters* 34 (1998), pp.1347–1348.
- [15] Knight, J. C. et al.: Properties of photonic crystal fiber and the effective index model. *JOSA A* 15 (1998), p.748.
- [16] Benisty, H. et al.: Optical and confinement properties of two-dimensional photonic crystals. *IEEE Lightwave Technology* 17 (1999), pp.2063–65.
- [17] Russel, P.: Photonic crystal fibers. *Science* 299 (2003), pp.358–362.
- [18] Zheltikov, A. M.: Holey waveguides. *Usp. Fiz. Nauk* 170 (2000), pp.1203–1219.
- [19] Blase Photonics Inc.
- [20] Argyros, A.: Guided modes and loss in Bragg fibres. *Optics Express* 10, No.24 (2002).
- [21] Jasopara, J. et al.: Effect of mode cut-off on dispersion in photonic bandgap fibers. *IEEE Conf. On Optical Fiber Communication, Anaheim* (2002), pp.519–521.
- [22] Argyros, A. et al.: Microstructured optical fiber for single-polarization air guidance. *Optics Letters* 29 (2004), pp.20–22.
- [23] Kuriki, K. et al.: Hollow multilayer photonic bandgap fibers for NIR applications. *Optics Express* 12, No.8 (2004).
- [24] Argyros, A. et al.: Microstructured polymer fiber laser. *Optics Letters* 29 (2004), pp.1882–1884.
- [25] Biswas, R. et al.: Exceptionally directional sources with photonic bandgap crystals. *JOSA B* 18 (2001), p.1684.
- [26] Scherer, A. et al.: Photonic crystals for confining, guiding, and emitting light. *IEEE Trans. Nanotechnology* 1 (2002), pp.1–8.
- [27] Mortensen, N. A. et al.: Multi-mode photonic crystal fibers for VCSEL based data transmission. *Optics Express* 11, No.17 (2003).
- [28] Ozbay E. et al.: Investigation of localized coupled-cavity modes in two-dimensional photonic bandgap structures. *IEEE J. QE*-38 (2002), pp.837–843.
- [29] Usievich, B. A. et al.: A narrow-band optical filter based on a corrugated 1-D photonic crystal. *Quantum Electronics* 32 (2002), pp.531–534.
- [30] Johnson, P. M. et al.: Ultra fast switching of photonic density of states in photonic crystals. *Physical Review B* 66 (2002).
- [31] Bayindir, M. et al.: Band-dropping via coupled photonic crystal waveguides. *Optics Express* 10, No.22 (2002).

Hírek

A Yankee Group „IP Telephony YankeeBrandMonitor” című jelentése rámutat, hogy a rendszer választásánál a stabil és megbízható működés és a minőség a legfontosabb szempontok. A tanulmány azt vizsgálta, hogy a vállalatok milyen rendszerek telepítését részesítenék előnyben a következő két évben.

A potenciális beruházók hétpontos skálán értékelték a szállítókat, amelyen az 1 jelentése: semmiképpen sem vezetnék be, a 7 pedig a mindenképpen bevezetnék. Mindössze két szállító ért el ötnél magasabb pontszámot: a Cisco (5,4) és az IBM (5,1). Az Avaya, a Siemens és az SBC döntetlenben harmadik lett 4,7 ponttal. A Verizon, az Accenture és a Nortel szintén döntetlenben hatodik helyezést kapott 4,5 ponttal, míg a tanulmányban szereplő két távolsági telefonszolgáltató, az AT&T és az MCI kilencedik illetve tizedik lett 4,4 és 4,0 ponttal.

A Cisco is csatlakozik az **Európai RFID (Európai Rádiófrekvenciás Azonosítási) Központ** kezdeményezéséhez, hogy elősegítse az RFID-n alapuló üzleti alkalmazások elterjedését. A Központ célja, hogy élő bemutatók, képzések, rendezvények és pártatlan tanácsadás útján demonstrálja az RFID alkalmazások előnyeit.

Az RFID Központ olyan állandó, független helyszín, ahol az RFID-hez kapcsolódó technológiák és ágazatközi alkalmazások széles választékát mutatják be. Ez olyan találkozópontra, amely az érdekelteket összehozza a közigazgatás, a felsőoktatás, a vállalati szféra és a megoldásszállítók köréből. Nem szabványosítási szervezet, de segít a vállalatok számára érthetővé tenni a technikai szabványok hatásait.

A **Sun Microsystems** bejelentette, hogy új, Sun Grid elnevezésű díj fizetéses szolgáltatásaival leegyszerűsíti ügyfeleinek a következő generációs informatikai infrastruktúra használatát. A Sun Grid számítógépes hálózat számos célra használható, például Monte Carlo-szimulációkra, fehérjemodellezésre, tározószimulációkra, mechanikai CAD-szimulációkra és hasonló, nem tranzakciós jellegű számításgépes feladatokra.

A Sun két új díj fizetéses szolgáltatást kínál: a Sun Grid számítógépes hálózatot, amelynek kapacitása processzoronként és óránként egy USA-dollárért vehető igénybe, valamint a Sun Grid tárolóhálózatot, amely gigabájtanként havonta egy dollárért vehető igénybe. A következő hónapok során a Sun további Sun Grid-szolgáltatásokat vezet be az asztali gépes felhasználók és a fejlesztők számára.