

# A FOTONIKA fejlődési irányai\*

BÁRÁNYNÉ SÜLLE GABRIELLA

BME Híradástechnikai Elektronika Intézet

BERCELI TIBOR

Távközlési Kutató Intézet

FRIGYES ISTVÁN

BME Mikrohullámú Tanszék

GORDOS GÉZA

BME Híradástechnikai Elektronika Intézet

KROÓ NORBERT

Központi Fizikai Kutató Intézet

LAJTHA GYÖRGY

Magyar Posta Központja

LENDVAY ÖDÖN

Műszaki Fizikai Kutató Intézet

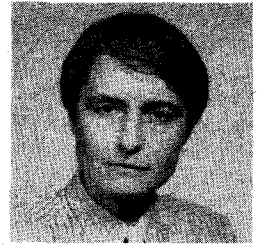
## ÖSSZEFOGLALÁS

A fénytechnika a terjedését a fényvezetők bevezetésével kezdte meg. Ebben az évtizedben mind a nagytávolságú, mind a helyi távközlésben az általános sikert aratott. A rendszerek gazdaságossága tovább növelhető, ha nemcsak az átvitel, hanem a jelkezelés egyéb feladatai is fénytechnikai elemekkel oldhatók meg. A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományos Osztályának Távközlési Rendszerek Bizottsága megvizsgálta, hogy mely területeken várható fejlődés és a hazai kutatók hol csatlakozhatnak ezekhez a munkákhoz.

## 1. Bevezetés

Ma fotonikának azt az új technikát nevezzük, amely a fény fotonjal által hordozott jeleket kezeli: jelkeltés, továbbítás, vétel, feldolgozás céljára. Valamennyi fejlett ipari ország kiemelt jelentőséget tulajdonít a fotonika fejlesztésének. Felfismerjük és nekünk is fel kell ismernünk, hogy a jelen és a jövő távközlési és számítástechnikai feladatai nem oldhatók meg a fényvezetésen alapuló jelátvitel és jelkezelés alkalmazása nélkül. A távbeszélő, az adattávítélet, a számítógépek közötti átvitel, a műhold-műhold átvitel, a kábeltelevíziózás és a jelfeldolgozás sok esetben perspektivikusan és gazdaságosan a fénytechnika alkalmazásával valósítható meg.

A fénytechnika szolgáltatásában az elektronika eddigi területén nyert elsősorban teret. Az elektronikus megoldások korlátalt ugyanis át tudják lépni. Az elektronikus megoldásokban az erős elektron-elektron kölcsönhatás korlátozza az elektronikus áramköri elemekből kialakítható struktúrák architektúráját, az adattovábbítás-adatfeldolgozás megszervezését. Szilíciumban kialakított p-n-átmenet 1 ns-100 ps időállandóval kapcsolható, a működési sebesség a geometriai méretekétől és a



BÁRÁNYNÉ DR. SÜLLE GABRIELLA

Villamosmérnöki oklevelét a BME Híradástechnikai Szakán 1972-ben, egyetemi doktori címét ugyanitt

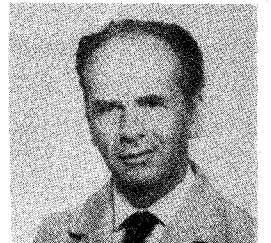
1981-ben szerezte. 1973 óta a BME Híradástechnikai Elektronika Intézetében dolgozik az Átvitel- és Rendszertechnika Osztályon. Érdeklődési területe a TDM átviteli rendszerek.



DR. BERCELI TIBOR

A Budapesti Műszaki Egyetemen szerzett villamosmérnöki oklevelet. Ezután a Távközlési Kutató Intézetben előbb aspiránsként, majd kutatóként dolgozott. Jelenleg ugyanott tudományos tanácsadó. A Budapesti Műszaki Egyetemen félfállású adjunktus volt,

jelenleg címzetes egyetemi tanár. Kutatásait elsősorban a mikrohullámú technika területén végzi. E területen előbb kandidátusi, majd akadémiai doktori tudományos fokozatot szerzett. Munkájának eredményeiről 52 idegen nyelvű és 43 magyar nyelvű pikket írt. Tevékenységét Állami Díjjal ismerték el.



DR. FRIGYES ISTVÁN

1954-ben szerzett gyengeáramú villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen, a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot 1979-ben érte el. A BHG Mikrohullámú Fejlesztés osztályán volt csoportvezető majd a téma átkerülésekor az Orionban vezette ugyanezt az osztályt. 1973-83-ig a TKI-ban dolgozott mint tudományos osztályvezető, azóta a BME

Mikrohullámú Híradástechnika Tanszékén docens. Érdeklődési területe korábban a mikrohullámú antennák és áramkörök elmélete és tervezése, majd az utóbbi mintegy 15 évben digitális mikrohullámú átvitel problémái. Az utóbbi években a rendszerek modellezési és jelfeldolgozási kérdéseivel foglalkozik. Társ szerzője több szakkönyvnek és számos hazai és külföldi folyóiratcikke jelent meg.

\* A Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya Távközlési Rendszerek Bizottsága "A fotonika fejlődési irányai" című tudományos helyzetképet 1988 június hó 14-i ülésén megvitatta, és elfogadta.

töltéshordozók mozgékonyaságától függ. A miniatürizálás kb. 100 nm vonalszólésségig folytatható. A szilícium nagyobb töltéshordozó mozgékonyaságú félvezető vegyületekkel (pl. GaAs, InP, InGaAsP. stb.) helyettesíthető, illetve tervezérlésű tranzisztorszerkezetbe igen nagy mozgékonyaságú, kétdimenziós elektrongázt tartalmazó heterohatárfelületek építhetők be (un. kvantumvölgyes vagy szuperrácsos szerkezetek). A gallium-arszenid alapú áramkörökben a sebesség még tovább növelhető. A gyors áramköri elemekből kialakított nagyobb egységek működési sebességét erősen korlátozzák a különböző szintű huzalozások - vezetők összeköttetések egyetlen lapkán belül, tokozott lapkák összeköttetései nyomtatott áramkörökön belül, nyomtatott áramkörök és modulok huzalos összeköttetései - ellenállása, kapacitása és induktivitása.

Több mint két évtizede kimutatták, hogy az elektromos megoldásokkal szemben számos előnnyel bíró információtovábbító és feldolgozó rendszerek valósíthatók meg, ha az információt fény hordozza. A fény nagy rezgésszáma miatt az optikai információs csatorna sávszélessége a szokásosnál jóval nagyobb lehet, korlátot a fényvezető közeg diszperziója (anyagi és modális diszperzió) miatti impulzus-kiszélesedés, az adó- és vevőmodul frekvenciaátvittele jelent. (DC-től 40 GHz-ig átvivő modulátor kifejlesztését is bejelentették már.) A párhuzamos csatornák száma sok nagyságrenddel meghaladja az elektronikus számítógépekben jelenleg megvalósított értékeket, ami igen nagymennyiségű adat gyors kezelését teszi lehetővé. Optoelektronikai elemekből igen gyors optikai kapcsolók készíthetők. A kvantumvölgyes GaAs/GaAlAs szuperrácsokat tartalmazó PIN diódák optikai kapcsolási időállandója 1 ps-nál kisebb. A fénytechnikai Jelfeldolgozás érzéketlen a szokásos, alacsonyabb frekvenciájú, külső elektromágneses zavarokra, illetéktelen személyek bekapcsolódását jelző, beépített ellenőrzőrendszer könnyen és megbízhatóan alakítható ki.

Külön említendő az a kölcsönhatás, mely a mikrohullámú és optikai technika között az utóbbi 5-8 évben kibontakozott. A mikrohullámú tartományba a 300 MHz és 600 GHz közötti frekvenciájú elektromágneses rezgések tartoznak, de ugyancsak ideszámítjuk a 300 Mbit/s-nál gyorsabb digitális Jelfolyamatokat is: másszóval a nanoszekundumos vagy még inkább a pikoszekundumos impulzusteknikát. Ezért a jelek feldolgozása elosztott paraméterű módszereket igényel, nem tekinthetünk el az áramkörök véges méretétől. Hasonló problémákkal találkozunk az optikai áramkörök-nél, ahol az eszközök mérete sokkal nagyobb a hullámhossznál.

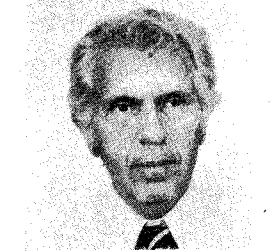
Az előzőek jól mutatják a fotonika világméretű terjedését. Először a világban végbemenő fejlődést kívánjuk érzékeltetni, majd néhány lényegesebb kutatási irányt mutatunk be, végül a hazai munkákról és javasolt további irányairól állítunk össze néhány gondolatot.



DR. GORDOS GÉZA

1960-ban vilamosmémóri, 1966-ban egyetemi doktori, 1977-ben kandidátusi oklevelet szerzett. Fő munkahelye 1960-tól a BME Híradástechnikai Elektronika Intézete ill. annak jogelődje, ahol jelenleg az átvitel- és rendszertechnika osztályt

vezeti. 1964 és 1972 között a Posta Kísérleti Intézetben, 1972-ben UNESCO- szakértőként Görögországban 1974/75-ben vendégprofesszorként Angliában dolgozott. Fő érdeklődési területe a fém- és fényvezetős digitális átvitel, adatátvitel, valamint a gépi beszédszintézis és beszédfelismerés.



DR. LAJTHA GYÖRGY

1952-ben került a Posta Kísérleti Intézetbe, ahol átviteltechnikai és hálózattervezési témákkal foglalkozott. 1974 óta az Intézet igazgatóhelyettese volt majd a Magyar Posta Köz-

pontjának munkatársa. Címzetes egyetemi tanár, a műszaki tudományok doktora. A C.C.I.T.-ben 1976 óta a Tanulmányi Bizottság alelnöke. A Jáky, Puskás, Eötvös és Békésy díjak birtokosa.



LENDVAY ÖDÖN

Az ELTE TTK vegyész szakán, 1958-ban végzett Vörös Diplomával.

1958 óta az MTA Műszaki Fizikai Kutató Intézetében dolgozik, jelenleg igazgatóhelyettesi beosztásban.

1961-ben és 1968-ban kutatásáért MTA elnöki jutalomban, kristályfizikai kutatásáért 1962-ben az Eötvös Lóránd Fizikai Társaság Schmidt Rezső díjban részesült. Kutatói és tudományos szervezői tevékenysége elismeréseként 1972-ben a Munkaérdemrend ezüst-fokozatát, 1975-ben Akadémiai Emlékérmét,

1983-ban a Munkaérdemrend arany-fokozatát kapta.

Kandidátusi disszertációját 1977-ben védte meg.

A nemzetközi tudományos testületek közül az UNILCO-COSTED szakértője és több, periodikus tudományos rendezvény, pl. a kristálynövesztés legnagyobb nemzetközi rendezvényének az ICCG /International Conference on Crystal Growth/ tanácsadó testületének, a szocialista országok Akadémiái lézer /SELCO/ és vegyületfélvezető konferenciája /Conf. on Physics and Technology of FaAs and other III-V Semiconductors/ szervezőbizottságának a tagja.

## 2. VILÁGHELYZET

A korai fejlesztések, elsősorban technológiák hiánya miatt, eleinte még nem váltották be az előzetes várakozásokat, ezért a hetvenes évek második felében a fényvezetős átviteltechnika kivételével a kutatások intenzitása visszaesett. A jelenlegi megnövekedett érdeklődést mutatja, hogy az utóbbi három évben és az idén összesen több mint tíz speciális folyóiratszám anyaga gyűlt össze e szűk szakmai területen [1 - 8]. A felsorolt publikációk és [9] alapján előre jelezhető, hogy az optoelektronikai és a nemlineáris optikai eszközök területén a fejlődés hatása rendkívül fontos lesz mind a hírközlésre, mind a számítástechnikára. Az optikai technológia valóban egynemű és transzparens, ezáltal gazdaságos kommunikációs rendszert ígér a számítástechnika és a különféle szűk sávú szolgáltatások (BISDN, HDTV, INTERPBX) számára is.

## 3. KUTATÁSI TERÜLETEK

A fotonika terén kifejtett kutatási tevékenység az alábbi főcsoportokra bontható:

- a./ fénytvközlés,
- b./ optikai jelfeldolgozás,
- c./ analóg és digitális optikai számítógép (processzorarchitektúrák, új algoritmusok, alakfelismerés, robot),
- d./ optikai mérés technikák (optikai szenzorok),
- e./ optikai információ tárolás (optikai memóriák),
- f./ integrált optika,
- g./ anyagtudomány.

A következőkben sorra vesszük ezeket a területeket.

### 3.1. Fénytávközlés

A kutatás célja az optikai technológia minél szélesebb körű alkalmazása a megvalósítható óriási jeltovábbítási sebesség kihasználására.

Jelentős, iparilag hasznosított kutatási eredmények vannak az igen tiszta optikai anyagok és szálak előállítására, az egymódusú fényvezetők adómodulok; pin-szerkezetű vagy lavina-fotodiódás detektorokat tartalmazó vevőmodulok; a hullámhosszmultiplexelt átvitel eszközei és az optikailag koherens átvitel területén. Ez utóbbi kiemelt figyelmet érdemel. A koherens optikai hálózatok ugyanis kizárólag optikai eszközöket használnak a részhálózatok - közbenső konverziók nélküli - egyesítésére, a fényjelek multiplexelésére, leágaztatására, átkapcsolására. Elsősorban az aktív optikai jelfeldolgozás (erősítés, regenerálás, hullámhossz-áttevés, stb.) és a fényjelnek fényjellel történő vezérlése a nagyobb távlatú feladatok. Alapvető változást hozott ezen a területen az egyfrekvenciás lézerek megjelenése, mivel ezek spektrumszélessége már csak kilohertzekben

mérhető, így a koherens jeldetektálás spektrális érzékenysége gyakorlatilag is használhatóvá teszi a sokcsatornás hullámhosszmultiplex (WDM) átviteli - kapcsolási technológiát. A koherens optikai hálózatok azért is keltenek komoly érdeklődést, mert igazán verzetillsek: mind az információcsere, mind az információszélesztő szolgáltatások számára konfigurálhatók és átkonfigurálhatók.

Megkezdődött a fluorid alapú szálak technológiájának kidolgozása és elkészültek az első kísérleti szakaszok. A kutatási előrejelzések szerint a fluoridüvegek csillapításminimuma 3500 nm közelében 0,01-0,001 dB/km. Ma a legjobb publikált eredmény 0,8 dB/km 1550 nm-en, ami a csillapításminimum helyére átszámítva 0,016 dB/km. A 3500-4500 nm tartomány optikai átviteli eszközeit azonban csak a további intenzív kutatások fogják létrehozni.

Afónytávközlés jelenleg főként jeltovábbítási technika, amelynek néhány jellemző adata a következő:

- a ma használatban lévő (egymódusú) fényvezetők csillapításállandója 1300 nm-en 0,4 dB/km, 1550 nm-en 0,2 dB/km;
- az 1550 nm hullámhosszú rendszerekkel elért legnagyobb ismótlőtávolság üzemi körülmények között 147 km 3 Mbit/s átviteli sebesség mellett; tipikusan 40-50 km ismótlőtávolság mellett 1-2 Gbit/s sebességű rendszereket helyeztek eddig üzembe.
- az egymódusú fényvezetőkábellel helyközi, nemzetközi telefonközpontok közötti hálózatban a legolcsóbban létesíthető kapcsolat. A fény a műholdas távközlésnek is versenytársa, pillanatnyilag 800-1000 km-es körzetben a fényátvitel az olcsóbb megoldás. Kihívás van arra, hogy az elektronikában végbement fejlődési út követésével a fényávú rendszerek a jelkezelés és a hálózatképzés ugyanolyan teljesítőképességű realizációi legyenek a pikoszekundumos tartományban, mint napjaink elektronikus informatikája a nanoszekundumos tartományban.

### 3.2. Optikai jelfeldolgozás

Az optikai tartományban nagyfrekvenciás, illetve nagysebességű jelfeldolgozásra van lehetőség, mivel a nagy vörös-frekvenciák ( $10^2$  THz) miatt a viszonylag keskenysávú áramkörök abszolút sáv szélessége igen nagy ( $10^2$  GHz). A problémák jelentős részét az átalakítók okozzák. Ugyanis az átalakítók kisebb működési sebessége korlátozza az optikai megoldásokban rejlő lehetőségek kihasználását. Ezért a kutatások egyik fő célja az átalakítók továbbfejlesztése.

A mikrohullámú jelek optikai feldolgozásának alapja, hogy a mikrohullámú áramkörök részét képező félvezetőket megvilágítva, az anyag paraméterei és ezzel együtt az áramköri paraméterek is megváltoznak; másfelől fényjelet modulálhatunk mikrohullámú jellel, a modulált optikai jelen

különböző műveleteket hajthatunk végre (elektromos vagy további optikai vezérlő jelek hatására), majd visszatérhetünk a mikrohullámú sávba.

Ilyen jelfeldogozási műveleteket számtalan célra használhatunk fel. Néhány ezek közül: passzív áramkörök szabályozása; oszcillátorok hangolása, erősítők szabályozása, mikrohullámú teljesítmény generálása; antennák nyalábjának alakítása, stb. Az optikai feldolgozásnak e célokra az alábbi fő, csaknem általánosan jelentkező előnyük van:

- a vázolt fizikai folyamatok megfelelő körülmények között rendkívül gyorsan zajlanak le, így sokkal nagyobb sebesség érhető el, mint elektromos szabályozás alkalmazásával;
- Ha a szabályozást megvilágítás útján végezzük, az egyenáramú leválasztás automatikusan, külön áramkör nélkül létrejön;
- mikrohullámú helyett optikai jelek vezetése, szétosztása többszörös méret- és súlycsökkenést enged meg;
- az a tény, hogy a mikrohullámú félvezető anyagok általában elektrooptikai tulajdonsággal is rendelkeznek, lehetővé teszi negymértékben integrált mikrohullámú - optikai áramkörök, rendszerek létrehozását.

Ezen általánosan jelentkező előnyökön kívül számos olyan eszközt, áramkört, alrendszert ismertettek, melyek más módszerekkel nem volnának elkészíthetők, kivitelezhetők.

Ugyancsak megemlítendő kisebb-frekvenciás jelek analóg feldolgozása. Nagy felhasználási terület a jelek akusztóoptikai feldolgozása, többek között a Bragg-effektus felhasználásával. Ennek egyik "klasszikus" területe a valós idejű spektrumanalízis, mely ezelőtt 20 évvel a rádió csillagászatban jelent meg és ma kiterjedten alkalmazzák polgári és katonai elektronikai célokra. Ugyanennek kissé módosított megvalósításában frekvenciaosztásos multiplexer-demultiplexer rendszereket lehet létrehozni.

Földi és műholdas átvitel rendszerekben elsősorban a jelek elosztása, vezetése történhet optikai eszközökkel: a fényjelet mikrohullámú (vagy középfrekvenciás) jellel modulálják - vagyis: analógjellel - és fénykábelben szállítják a megfelelő helyre, gyakorlatilag csillapítás nélkül. Így a földi állomások elhelyezése válhat kedvezőbbé: az antennától akár több kilométerre is kerülhet.

Nagy jövő vár a mikrohullámú jelet modulációként tartalmazó optikai jelek alkalmazására távközlési műholdak fedélzetén, pl. a SS-TDMA rendszerek kapcsolómátrixai készülhetnek optikai kapcsolómátrix alakjában. Egy másik lehetséges alkalmazás a fázisvezérelt antennarácsok vagy több-nyalábú antennák nyaláb-átalakító hálózata, ahol a méretek és a súly jelentősen csökkenthető, ha (mikrohullámmal modulált) fényvezetőket alkalmazunk.

Az igen nagysebességű moduláció megvalósítása elektromos úton nem lehetséges. Az optikai megoldás meglehetősen bonyolult, de igen gyors működést ad. Először is igen rövid idejű impulzu-

sokat kell előállítani. Erre szolgál az ütközéses impulzus-üzemmódú lézer. Ebben két ellenkező irányban haladó töltőshordozó találkozik, melyek ütközésekor felszabaduló energia pikoszekundumos időtartamú fényimpulzust hoz létre. Az ismétlési idő néhány ezer pikoszekundum. A pikoszekundumos fényimpulzusok sorozatát optikai teljesítményosztóra vezetik, melyhez megfelelő időkésleltetést adó fényvezetőszálak csatlakoznak. Ezzel a pikoszekundumos jelek párhuzamosan elágaztatva, az ismétlődő időn belül kellő időközlel rendelkező jelsorozattá alakítják. Minden párhuzamos ágban optikai kapcsolót helyeznek el, melyet az eredeti ismétlődési időnek megfelelő sebességgel működtetnek, vagyis kb. ezerszer kisebb sebességű elektromos impulzusokkal vezérelnek.

### 3.3. Analóg és digitális optikai számítógép

A számítástechnikában néhány alapvető, igen nagysebességű feldolgozást igénylő területen várhatóan egy-két évtizedes kutatási periódus után optikai számítógépek alkotják majd a számítógépek következő generációját, felváltva a jelenleg használatos elektronikus számítógépeket.

Az optikai jelfeldolgozással a számítások sebessége két nagyságrenddel is nagyobb lehet az elektronikus jelfeldolgozással gyakorlati határánál. /Elérhetőnek tűnik a 100ps/művelet és 10 GHz-es átvitel./

Még ennél is nagyobb jelentőségű, hogy az optikai frekvenciák lehetőséget biztosítanak a párhuzamos feldolgozásra. Az elektronikus számítógépeknél nagy számú kutatócsoport foglalkozik párhuzamos architektúrájú gépek fejlesztésével, amelyek képesek egyidejűleg párhuzamosan több operáció elvégzésére is. Az egyik kutatási irány az optikai jelek és eljárások alkalmazása.

Az optikai számítógépek felépítése jelentős mértékben eltér a hagyományos számítógépektől. A legtöbb megoldás akusztóoptikai eszközöket, Bragg-cellákat használ a fény modulálására. Ezekben az egydimenziós eszközökben egy piezoelektromos átalakító mozgat egy kristálystruktúrát, amely változtatja reakciós indexét és így modulálja a rajta áthaladó fényt. Alkalmazásukkal történik a jelek konvolúciója, korrelációja és analízise.

Az analóg optikai számítógépekben alkalmazott optikai elemek egyik tulajdonsága, hogy felhasználhatók Fourier-transzformációra és konvolúcióra. E matematikai módszerek lineáris algebrai egyenletek (pl. mátrixvektor és mátrix-mátrixszorzás), differenciálegyenletek és más komplex matematikai feladatok megoldására használhatók.

Az optical array processzorok (systolic array rendszerek) összekapcsolt processzáló egységeket használnak mátrix-algebrai műveletek elvégzéséhez. A számítási pontosság növelése érdekében az új-generációs array processzorok digitál-

zált adatokat használnak, digitális szorzást végeznek analóg konvolúciós algoritmus segítségével.

A digitális optikai számítógépekben a Jelfeldolgozási folyamat bizonyos mértékig hasonló az elektronikus számítógépekhez. Az optikai bistabil eszközök a tranzistor analóg megfelelői. Felhasználva az optikai anyagok nemlineáris karakterisztikáját bináris logikai műveletek végezhetők.

A bistabilitás elméletét 1969-ben dolgozták ki a MIT-en (Massachusetts Institute of Technology - USA) és 1976-ban figyelték meg először a Bell Laboratorles-ben és a Heriot-Watt University-n Angliában. Több mint 20 anyagnál tapasztalták az optikai bistabilitás jelenségét.

### 3.4. Optikai mérés technika

Cél a különböző jellegű fizikai mennyiségek (mechanikai mennyiségek, hőmérséklet, elektromos paraméterek, stb.) vagy kémiai összetétel, biológiai állapot elemzése optikai effektus mérésével. A terület gyors fejlődése elsősorban a fényvezetőszálak tömeggyártásának köszönhető. Az ún. "zárt" típusú szenzorokban a fény zárt fényvezetőkön terjed, a mérendő fizikai mennyiség változása módosítja a fényvezető optikai tulajdonságait vagy a terjedés feltételeit (l. relativitás elmélet), ami a rendszer kimenetén optikailag érzékelhető. Az ún. "nyitott" típusú szenzorokban száll csak a mérőfény vezetésére szolgál, a szenzor lényeges eleme az optikai csatlakozás erősségét a mérendő mennyiség változásának mértékétől függően módosító alkatrész (az adó- és vevőszál azonos is lehet). Az optikai elemek felhasználásának gazdaságos megoldása az, ha az érzékelés, az átvitel és a Jelfeldolgozás is fényvel történik. Ezért a fotonika fejlődésének egyik kulcskérdése a szenzorok fejlesztése.

Fejlesztési eredmények: elmozdulás- és elfordulásérzékelők; gyorsulásérzékelők; optikai szálas giroszkópok és teljes műhorizontok, nyomásérzékelők; robotok tapintásérzékelők; hőmérsékletérzékelők, elektromos és mágneses térerősség mérés; fényvezetőszálas interferométerek; fénynyaláb polarizációs állapotát megőrző szálas előállítása; sokszorosos érzékelőhálózatok (repülőgépek fedélzeti mérőrendszerei; olajfúró platformok az Északi-tengeren); gyógyászati optikai szenzorok; robbanásveszélyes környezetben használható szenzorok (bányák, sztatikus elektromos feltöltődésveszély).

### 3.5. Optikai információ tárolás

A cél dinamikus vagy achív optikai információ tárolás megvalósítása fénysugaras beírással és kiolvasással. Egyetlen bitnyi információ mennyiség optikai tárolásának helyigénye csupán néhány  $\mu\text{m}^2$ . A jelenleg létező legnagyobb tárcapacitású memóriák optikai elven alapulnak.

Kutatási területek: lézerek sugaras optikai beírás alapjelenségei (kráterképződés, hólyagosodás,

amorfkristályos átalakulás, abláció, felületórdecsedés); optikai beírásra használható anyagok és bevonatok előállítási technológiái; reverzibilisen beírható (törölhető) közegek anyagai: nagy bitsűrűségű beírás és kiolvasás technikája; kompakt audio- és videolemezek; holografikus információ tárolás; dinamikus hologramok rögzítése fotorefraktív kristályokban (pl.  $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ ,  $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ ); igen nagy bitsűrűségű tárolás ún. spektrális lyukégetéssel (spectral hole burning); információ-tárolás bistabil optikai rendszerek, magneto-optikai jelenségek hasznosítása.

### 3.6. Integrált optika

A monolitikus integrált optika célja makroszkopikus optikai rendszerrel azonos optikai funkció megvalósítása planártechnológiákkal egyetlen hordozólapkán. A hordozólapka a hagyományos kísérleti optikában használt sínek vagy optikai asztal szerepét veszik át.

A nemlineáris optika egyszerű és általános módszert kínál a fáziskorrekcióra. Nemlineáris közegekben létre lehet hozni olyan tükrözést, melynek során a hullámfront teljes egészében visszajárra fordul.

Kutatott területek: hordozólapkák ( $\text{LiNbO}_3$ ,  $\text{LiTaO}_3$ , GaAs, InP, stb.) előállítása; hullámvezető szerkezetek kialakítása; felületi diffrakciós rácsok; elektrooptikai hatásokon alapuló irány- és intenzitásmódulátorok; fényforrás, fényérzékelők; meghajtó áramkörök intergalása optikai processzorral; optikai szálas csatlakozása hullámvezető csatornákhöz; integrált optikai interferométerek (Mach-Zehnder interferométer); polarizátorok; integrált optikai rezonátorok; nemlineáris optikai integrált eszközök (frekvencia-kétszerezős, paraméteres oszcillátor).

A kutatási eredmények lehetővé tették egy lapkán nagyon rövididejű impulzusok (ps technikák) előállítását és kezelését. Ennek alkalmazásai: nagyfrekvenciás elektromos jelek gyors Fourier-analizátorai; heterodin optikai erősítők; fázistolók; móduskonverterek; frekvenciaösszegezők; mátrixvektor multiplikátorok; jelek előfeldolgozása optikai szenzorokban; integrált optikai giroszkóp integrált optikai hullámhossz multiplexer/demultiplexer; nagyfrekvenciás integrált áramkörök részeként.

### 3.7. Anyag és alkatrész tudomány

A nemlineáris optikai jelenségek fizikai alapja az, hogy bizonyos körülmények mellett az anyag "válasza" a benne terjedő fényre már nem lesz lineáris; az anyagban lévő elektromos töltések szétválása már nem lesz arányos a beeső mágneses tér erősségével, a periodikusan váltakozó elektromágneses tér hatására az elektronok nem "harmonikus" rezgőmozgást végeznek, hanem a rezgés elforzul, anharmonikussá válik. A nemlinearitás tipikusan a  $10^6 \text{ W/cm}^2$  teljesítménysűrűség fe-

lett jelentkeznek, különösen jelentőssé pedig a  $10^8 - 10^{10} \text{ W/cm}^2$ -os tartományban válik, ilyenkor a fénytör erőssége már összemérhető az elektront az anyagban megkötő elektromos tér erősségével. Hozzá kell azonban tennünk, hogy a különböző anyagoknál, illetve ezek különböző paramétereiben megjelenő nemlineáris fényintenzitás-függése igen jelentős eltéréseket mutathat.

A teljesítmény limitáló elem által át bocsátott fényt teljesítmény nagyobb bemenő fényt teljesítmények esetén ellaposodik, amit egyrészt a lézer teljesítmény bizonyos szint alatt tartására, másrészt stabilizálására lehet felhasználni.

Az optikai tranzistor optikai jelek erősítésére használható, mivel kis bemeneti intenzitás változáshoz nagy kimeneti intenzitás változás tartozik.

Az egyik fajta optikai kapcsoló az optikai bistabilitás jelenségét használja fel. Van olyan bemenő fényt teljesítmény tartomány, amelyben a minta előéletétől függő két stabil kimenő teljesítmény létezik. A rendszer egyik állapotából a másikba például külső fényimpulzussal kapcsolható.

Ezekben különböző bemenő fényintenzitásokhoz a lépcsős szerkezet mellett a kimenő intenzitásoknak egy diszkrét sorozata tartozik, ami lehetőséget teremthet a klasszikus számítógépek bináris logikája helyett egy többszintű logika megvalósítására.

#### 4. Hazai tevékenység és hasznosítása

A következő évtized fő hazai feladata lehetne: reálisan átgondolt és gazdaságilag megalapozott optikai-optoelektronikai ipari tevékenység létrehozása, erős K+F háttérrel.

Ebben a K+F bázis feladata lenne:

A kutatás-fejlesztés és gyártás-felhasználás folyamatban a fénytechnika számos új eszköz és szolgáltatás megvalósításához vezethet el. Ebben a folyamatban az alábbi öt cél kitűzése látszik reálisnak.

- új optikai, optoelektronikai, finommechanikai anyagok elemek és részegységek kifejlesztése;
- hazai szempontból kritikus és korai kidolgozása a körülmények reális figyelembevételével;
- az optikai jelfeldolgozás hazai műveléséhez eszközök és módszerek kidolgozása, figyelembe véve a hazai eszközkészleteket;
- új optikai, optoelektronikai elvű műszerek, illetve mérőrendszerek és mérési módszerek kifejlesztése;
- technológiák kidolgozása, a kutatási eredmények gyártásba való bevezetése érdekében.

Bár a jelen helyzetben rövid távon csak olyan kutatás-fejlesztés kívánatos, melynek konkrét célja termék vagy szolgáltatás, de szükség van olyan alapkutatásokra is, melyek lehetővé teszik a világ haladásának megértését és fogadását. Ugyancsak hangsúlyozni kívánjuk, hogy az elkövetkezendő évek műszaki fejlesztésének fő irányában mindenütt jelen van a modern optoelektronika. Ezért a hazai műszaki fejlesztés eredményességét jelentősen befolyásolja majd a megfelelő optoelektronikai háttér léte és fejlettségi foka.

A kitűzött feladatok megvalósítására a jelenlegi ipari háttér nehézkesnek látszik. Ezért kis, mozgékony vállalat létrehozása lenne indokolt a következő célokkal:

- mérnöki-műszaki kollektívák egy-egy új termék gyártásbavitelének megvalósítására és egyedileg gyártására;
- kisvállalatok egy-egy részegység vagy műszer (főként a nagy gyárak által nem gyártott vagy speciális technológiát igénylő, nagy szellemi értékű és kis anyagigényű alkatrészek, részegységek, illetve ezekből összeállítható berendezések) kis példányszámú gyártására.

#### 5. Összefoglalás

A fénytechnika terjedése bizonyosnak tekinthető. Jelenleg a fényvezető és a fónyátvitel egyes berendezései külföldön már ipari termékek. Számos szenzor is kapható a kereskedelemben. A kapcsolás és a moduláció területén azonban még a hazai kutatóknak is van reális esélyük korszerű termékeket alkotni.

#### 6. Irodalom

- [1] Special Issue on microwave aspects and application of GHz/Gbit technology; Journal of Lightwave Technology /1987. No 4./
- [2] Special Issue on coherent communication in lightwave transmission; Journal of Lightwave Technology /1987. No 6./
- [3] Special Issue on lasers; Journal of Quantum Electronics /1987. No 6./
- [4] Special Issue on Integrated Optics; Journal of Lightwave Technology /1988. No 3./
- [5] High-Speed Technology for Lightwave Applications; Journal of Lightwave Technology /1988. No 10./
- [6] Wide Band Optical Transmission Technology and Systems; Journal of Lightwave Technology /1988. No 12./
- [7] Fiber Optic Local and Metropolitan Area Networks; Selected Areas in Communications (1988. No 7.)
- [8] Photonic Switching; Selected Areas in Communications (1988. No. 8.)
- [9] Review of Radio Science 1984-1986.; International Union of Radio Science. (1987.).