

# HOLOGRAFIKUS MEMÓRIAKÁRTYA

Lőrincz Emőke

PhD, egyetemi docens  
lorincz@eik.bme.hu

Koppa Pál

PhD, egyetemi adjunktus  
koppa@eik.bme.hu

Erdei Gábor

PhD, egyetemi tanársegéd  
erdei@eik.bme.hu

Ujhelyi Ferenc

tudományos segédmunkatárs  
ujhelyi@eik.bme.hu

Richter Péter

a műszaki tudomány doktora, egyetemi tanár  
richter@eik.bme.hu

BME Atomfizika Tanszék

## *Nemzetközi és hazai előzmények*

Már a 60-as évek végén és a 70-es évek elején számos laboratóriumban foglalkoztak a holografikus adattárolással. A nagy kapacitású optikai tárolók mégis a digitális területen jelentek meg, túlszámalyva akkor a beépített mágneses tárolók kapacitását. 1982-ben a Sony és a Philips bejelentette az audió CD-eket, majd rövidesen megjelentek a CD-ROM-ok, a digitális számítógépes adatok rögzítésére alkalmas CD-k is. Adatsűrűségük  $0,6 \text{ bit}/\mu\text{m}^2$  780 nm-es lézerciódával alkalmazásával. A digitális adattárolók új generációja, a 650 nm-es félvezető lézerelel működő DVD esetén már  $4,7 \text{ bit}/\mu\text{m}^2$  az adatsűrűség. 2002. februárban 8 neves céget tömörítő konzorcium (Hitachi, Philips, Samsung, Sony stb.) megállapodott a legújabb, 405 nm-es lézerelel alapozott DVD szabványában, ennek adatsűrűsége és kapacitása hatszorosa a jelenleginek, és célul tűzték ki az 50 GB diszkkapacitás elérését 2004-re. A tárolási sűrűség, ill. a diszk kapacitásának növelése a hullámhossz csökkentésével, ill. a fókuszáló objektív numerikus apertúrájának növelésével érhető el, de minden határon túl tovább nem növelhető. Az 50 GB a CD típusú digitális tárolók

kapacitásának felső határa. A kapacitáson túl még az adatátvitel sebessége is fontos paraméter, a cél a 20 MB/s sebesség elérése.

A DVD-fejlesztés várható csúcskapacitását meghaladó és nagyobb átviteli sebességgel működő cserélhető memóriaként alkalmazható lemez megvalósításához más technológiára van szükség. Jelenleg versenytben vannak például: a magnetooptikai (MO) technológia; a közel-téri, speciális optikai megoldást alkalmazó technika, melynek megvalósításához nagy numerikus apertúrájú ( $\text{NA} > 1$ ) fókuszáló objektív szükséges, ami kérdésessé teszi a kivehetőség megvalósíthatóságát; a többrétegű fluoreszcens kiolvasást alkalmazó technológia (a szakirodalomban  $\text{C}^3\text{D}$  néven ismert) és a holografikus adattárolók (Haw, 2003).

A felületi adatsűrűség növelésére a harmadik dimenzió kihasználásával, a tároló anyag vastagságának növelésével és az azonos térfogatba különbözőképpen beírt és kiolvasott információ, vagyis a multiplexelés alkalmazásával van lehetőség. A holografikus adattárolók esetén  $>100 \text{ bit}/\mu\text{m}^2$  adatsűrűséget és 1 Gbit/s adatforgalmat demonstráltak már, de a holografikus tárolók kereskedelmi termékként még nem

jelentek meg a piacon. Kutatásuk új lendületet vett az utóbbi években. Elsősorban az alkalmas lézerek (frekvenciakétszerezett szilárdtestlézerek és diódalézerek), térbeli fénymodulátorok (folyadékkristályos vagy Si alapú mikrotükrök) és nagysebességű mátrixdetektorok megjelenésével kapcsolatos az új lendület. Fő probléma még az alkalmas tároló anyag. A követelmény hatalmas az anyaggal szemben: kiváló optikai minőség, megfelelő érzékenység, nagy dinamika, nagy felbontás, könnyű és olcsó gyárthatóság, fizikai és kémiai stabilitás szükséges. A hírekben gyakran olvashatunk a holografikus rendszerek fejlesztésén dolgozó cégek (például: Optware,<sup>1</sup> InPhase<sup>2</sup>) legújabb eredményeiről, de hiába keressük a holografikus lemezt és lejátszót a boltban, mivel termék még nincs forgalomban a piacon.

#### *Hordozható holografikus adattároló*

A BME Atomfizika Tanszéken az adattárolók kutatás-fejlesztése a 80-as évek végén kezdődött CD és MO fej optikai elemei, finommechanikája, MO lemez tárolóréteg területeken, majd 1995-ben a svéd Optilink cég kezdeményezésére lapszervezésű digitális optikai tároló modelljét készítették el. 2001-ben elkészült egy hordozható holografikus memóriaberendezés (Anscombe, 2001), együttműködve az Optilink Magyarország Rt.-vel és a dániai Risø Kutatóintézettel.<sup>3</sup> Az adathordozó egy, a rendszerből kivehető és visszatehető bankkártya méretű műanyag kártyába épített „optikai chip” 1 cm<sup>2</sup>-es felülete. A tárolóréteg pedig 1-2 μm vastagságú azobenzén poliészter.

Mivel az anyagban a beíró nyalábok hatására helyi anizotropia jön létre, az adattárolásra polarizációs holográfiát használunk. A polarizációs rögzítés elvét mutatja az 1. ábra. Ellentétben a hagyományos holográfiával, a

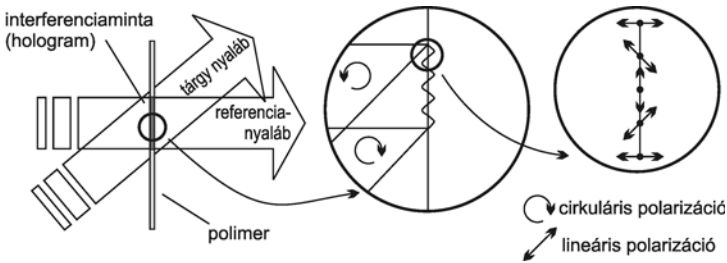
tárolóanyagra érkező tárgy és referencianyaláboknak ellentétes cirkuláris polarizációjuk van, az eredő, síkban változó irányú lineáris térerősség hatására alakul ki a lokális anizotropia. Ezen mint rácson diffraktálódik kiolvasáskor a cirkuláris referencianyaláb akár közel 100%-os hatásokkal. Ez az anizotropia egyetlen cirkulárisan polarizált nyalábbal „törölhető” is, azaz a síkbeli rendezettség megszüntethető. Nagy adatsűrűséget úgy lehet elérni, hogy az adatmátrix Fourier-hogramját rögzítjük. A megvalósított rendszerben 532 nm-es frekvenciakétszerezett Nd:YAG lézert, egytengelyű referencia- és tárgynyalábokat, a Fourier-térben 0,69 numerikus apertúrájú objektívet és olcsó csavart nematikus térbeli fénymodulátort használunk a beírásra, és a transzmissziós hologram reflektált rekonstruált képét olvassuk ki CCD-detektorral. Kiolvasáskor rövid ideig kis teljesítményű referencianyalábbal világítjuk meg a hologramot. Újraíráshoz az előzőleg beírt hologramot nagy teljesítményű referencianyalábbal törölni kell. Így egy újraírható optikai tárolót készíthetünk. A megvalósított elrendezés szabadalmaztatott optikai megoldásokat tartalmaz (Szarvas et al., 2000). Az általunk demonstrált 2,77 bit/μm<sup>2</sup> adatsűrűség a vékony anyagban, multiplexelés nélkül elérhető eddigi legnagyobb adatsűrűség (Lőrincz et al., 2003). Az író/olvasó egység vázlatos felépítését mutatja a 2. ábra

A párhuzamos elrendezésű tárgy- és referencianyaláb lehetőséget biztosít a beíró hullámhossztól eltérő hullámhosszú referencianyalábbal való kiolvasásra is. Ennek előnye, hogy a tárolóanyag érzékenységi tartományán kívül eső (például piros) hullámhosszt választva a beírt információ törlése nélkül lehet kiolvasni, és a csak olvasó berendezés lényegesen egyszerűbb és olcsóbb az író/olvasónál (például olcsó, kis koherenciahosszú lézertióda is alkalmazható). A hullámhosszváltáshoz a kiolvasó Fourier-objektívet megfelelően korrigálni kell.

<sup>1</sup> <http://www.optware.co.jp/english/top.htm>

<sup>2</sup> <http://www.inphase-technologies.com/>

<sup>3</sup> <http://www.risoe.dk/ofd/people/psra.htm>



1. ábra • A polarizációs holográfia elve

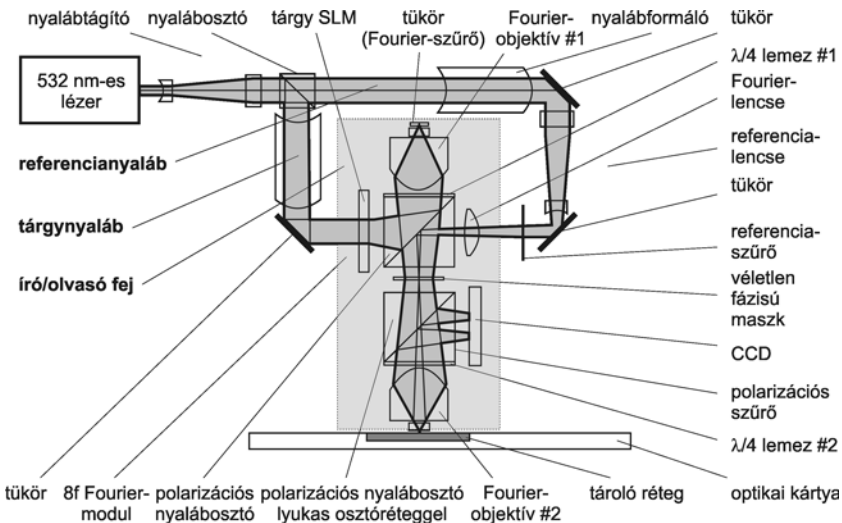
Két hordozható író/olvasó készülék és egy piros lézertióddával működő csak olvasó készülék is készült. Demonstráltuk, hogy az egyik író/olvasó készülékkel megírt kártyát a másik író/olvasó, illetve a csak olvasó készülékkel is ki lehet olvasni. A 3. ábrán bemutatunk két rekonstruált hologramot: a 3.a ábrán az író/olvasóval és a 3.b ábrán pedig ugyanazt a hologramot a csak olvasó készülékkel olvastuk ki.

*Alkalmazás: biztonsági kártya*

A holografikus adattárolás már önmagában biztonságosabb, mint a bitenkénti tárolás, mivel az adatok hagyományos optikai eszközökkel (mikroszkóp, szkennel, CCD kamera) nem

olvashatók ki. A polarizációs holográfia alkalmazása pedig tovább növeli a kiolvasóval szembeni követelményeket. A biztonság tovább növelhető, mivel a holografikus adattárolásnál lehetőség van az információt például fázismodulált referenciányalábbal rögzíteni. A referenciányaláb modulációja mint kód segítségével az illetéktelen kiolvasás lehetetlenné válik, ugyanis kiolvasni csak a megfelelő fázismodulált referenciával lehet (4. ábra, Ujvári et al., 2004).

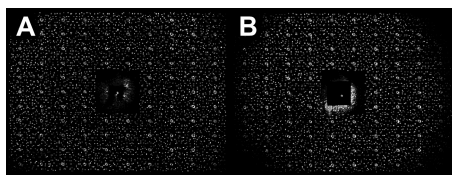
A technológia megvalósíthatóságának bizonyítására az egyik meglévő író/olvasó berendezést átalakítottuk. A referenciágba változtatható fáziskódot építettünk. Az eredmények igazolták az elméleti elvárásokat.



2. ábra • Holografikus író/olvasó felépítésének vázlata

Jelenleg a technológia hasznosításán dolgozunk. Ma már a svéd Optilink helyébe a Bayer Innovation GmbH lépett. Az ismert német cég új leányvállalata célul tűzte ki a holografikus biztonsági technológia piacra vitelét és ezzel egyidejűleg a Bayer által kifejlesztett fényvel címezhető polimer (photo-addressable polymer – PAP) anyag alkalmazását a biztonságikártya-piacon.

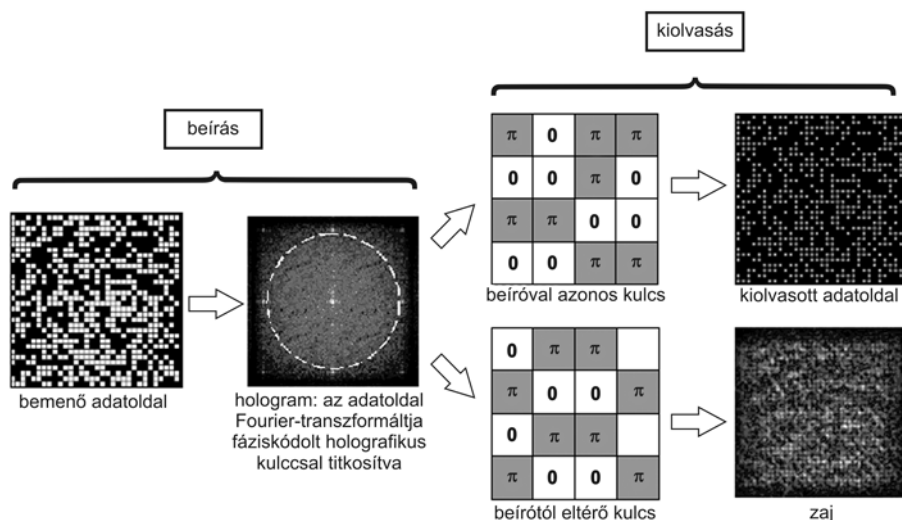
A kereskedelmi hasznosításon kívül a holografikus adattárolók kutatása új tudományos eredmények megszületését is lehetővé tette. A csoport eredményességét a kutatásba bevont hallgatók, diplomázók és doktoranduszok hozzájárulása is nagymértékben



3. ábra • Holografikus író/olvasóval írt hologram kiolvasása író/olvasóval (a), csak olvasóval (b)

emelte. Eddig négy PhD-fokozat született, és újabb három van előkészületben.

Kulcsszavak: fáziskódolás, holografikus adattárolás, polarizációs holográfia



4. ábra • Fáziskódolt titkosítás elve

#### IRODALOM

Anscombe, N. (2001). *Opto&Laser Europe*, January-February, 26–28.  
 Haw, M. (2003): *Nature*, **422**, 556–558.  
 Lőrincz E. – Szarvas G. – Koppa P. – Ujhelyi F. – Erdei G. – Sütő A. – Várhegyi P. – Sajti Sz. – Kerekes Á. – Ujvári T. – Ramanujam, P. S. (2003): In: Grote J. G. – Kaino T. (eds.): *Proc. SPIE 4991 Organic Photonic Materials and Devices VI.*, 34–44.

Szarvas G. – Lőrincz E. – Richter P. – Koppa P. – Erdei G. – Fodor J. – Kalló P. – Sütő A. – Domján L. – Ujhelyi F. (2000): *Method and Apparatus for the Holographic Recording and Readout of Data*. EP 1492095  
 Ujvári T. – Koppa P. – Lovász M. – Várhegyi P. – Sajti Sz. – Lőrincz L. – Richter P. (2004): *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, **6**, 401–411.