

# DIGITÁLIS ADATTÁROLÁS – I.

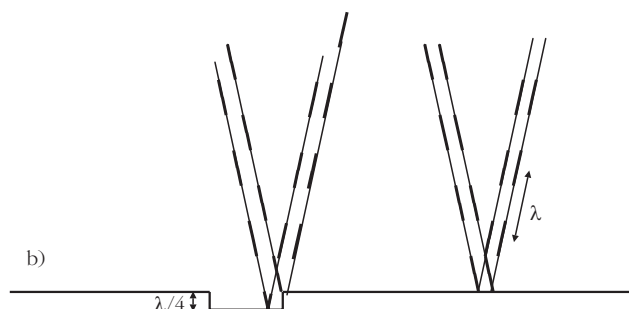
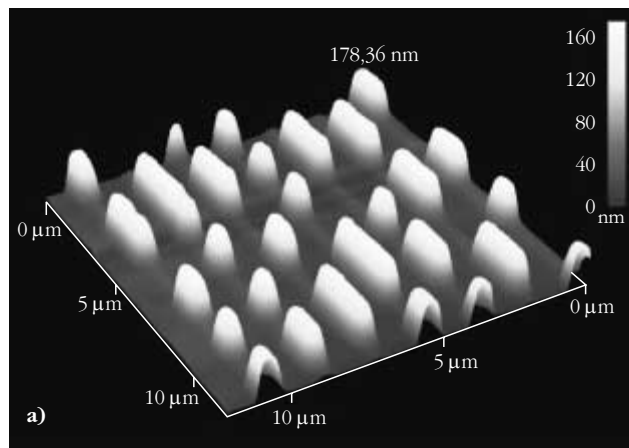
## Forgó lemezek

Az információs technológia évtizedek óta tartó, szinte elképzelhetetlen ütemű folyamatos fejlődésének fontos részét jelenti az adathordozók tárolókapacitásának bővülése, sebességük növekedése. Ennek előnyeit áttekintően is érezzük. A szórakoztató-elektronikában dominálnak a CD-n vagy DVD-n rögzített műsorok, a digitális fényképezés kiszorította a hagyományos „nedves” képrögzítést, a mobiltelefonok adattárolási képességének fejlődése pedig egyre több funkció összevonását teszi lehetővé (fényképezés, internethasználat, MP3-lejátszás). A hitelkártyával való fizetés természetes mozzulata sem létezne a banki rendszerek hatalmas – és biztonságos – adatbázisai nélkül.

A most induló, háromrészes cikksorozatban csak röviden vázoljuk a legfontosabb adattárolók felépítését, de igyekszünk kiemelni egy-egy érdekes fizikai elvet, amelyek az eszközök működésénél felhasználásra kerülnek.

A „rovásírás” ősi módszerét testesíti meg a CD és a DVD. A technika fejlődését a jelek sűrűsége jelenti: az információt azok a mélyedések hordozzák, melyeket egy polikar-

1. ábra. a) Egy CD lemez  $10 \times 10 \mu\text{m}$ -es részletének AFM (atomerő-mikroszkópos) felvétele. b) A gödör aljáról és tetejéről visszaverődő sugarak hullámhegyei és hullám völgyei kioltják egymást (interferencia). Emiatt a gödör sötétnek látszik, míg a sima felületről a lézernyaláb változatlan intenzitással verődik vissza.

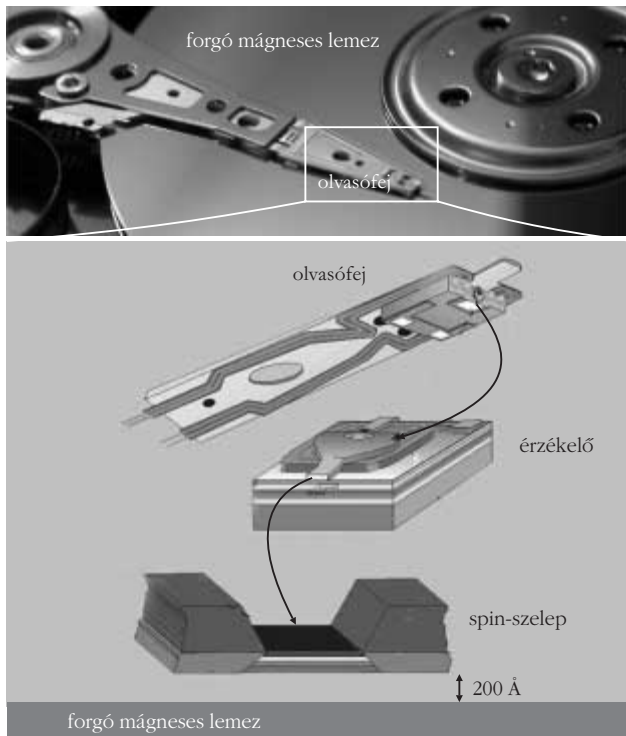


bonát-műanyag lemez felületére egy spirálvonal mentén alakítanak ki a lemez öntése során (1. ábra). Egy DVD-ben a lyukak  $0,4 \mu\text{m}$  széles és ugyanilyen rövid, vagy hosszabb,  $1 \mu\text{m}$ -es alakzatot formáznak (0 és 1 bit). A spirálvonalak távolsága  $0,75 \mu\text{m}$ , így egy kommersz 4,7 GB-os DVD-n a spirál teljes hossza 12 km. Az adatok kiolvasása a forgó lemezről lézerténnel történik. Most jön a fizika! A lemez felületét egy nagyon vékony ( $100 \text{ \AA}$ ) alumíniumréteggel borítják. Az alumínium jó fényvisszaverő, s bár emiatt várhatnánk, hogy a közel merőlegesen beeső lézersugár mindenhol egyformán tükröződik, ez nem így történik. A gödrök mélysége ugyanis úgy van kialakítva, hogy megegyezzen a lézer hullámhosszának  $1/4$  részével. A fény hullámtermészete nyilvánul meg abban, hogy a gödör aljáról és a felső felületről visszavert hullám kioltja egymást (az útkülönbség éppen a hullámhossz fele). Emiatt a gödrök feketének látszanak (1.b ábra). A forgó lemezről visszavert lézersugárban a gödör hosszának megfelelően rövid és hosszú kioltások váltakoznak, így olvasható ki a felületre rögzített információ.

Az írható lemezek felülete csak a lézerténnel megvezetését biztosító spirálvonalat tartalmazza, gödrök nélkül. A lemezre egy olyan lakkreteget visznek fel, amelyet az íráshoz használt, nagyobb teljesítményű lézer fénye a megvilágított ponton felmelegít, és megszünteti átláthatóságát. Az így kialakított pontok hordozzák az információt, amelyet az író-lézernél sokkal kisebb teljesítményű olvasó-lézernel detektálnak.

Az újírható lemezek az adatok törlését is meg kell oldani. Ehhez még egytel több lézerténnel, és egy olyan speciális tulajdonságú rétegre van szükség, amelyben gödröket lehet kialakítani és szükség esetén törölni. Az ehhez használt anyag egy réz-indium-antimon-tellúr ötvözet, melynek  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ -ról történő gyors lehűlésekor egy nagyobb sűrűségű, amorf szerkezet alakul ki. A nagy teljesítményű lézerténnel megvilágított ponton a lehűlés után egy mélyedés alakul ki (a rétegvastagság alkalmas választása esetén ennek mélysége az olvasó-lézer hullámhosszának körülbelül negyede). Törléskor egy közepes teljesítményű lézerténnel az ötvözetet mintegy  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ -ra melegíti fel, ahonnan lehűlve az anyag az eredeti sűrűségű kristályos szerkezetet vesz fel. Ez utóbbi folyamat persze lejátszódhat egy napsütésnek kitett lemezen vagy a kandalló párkányán felejtett példányon is, ezért a folyamatot ismerő fizikusok az újírható lemezeket kisebb lelkesedéssel használják.

A mágneses merevlemez (winchester) a DVD-hez hasonlóan egy forgó lemez, a kiolvasás sebessége viszont közel százszor nagyobb. A tipikus számítógépes tevékenységnél – „homokóra” nézése – már egy kettes faktort is jelentősnek érzünk, a több nagyságrendnyi különbség így mindenképpen értékelendő. A nagy sebes-



2. ábra. A merevlemez olvasófejének szerkezete. Az érzékelő „spin-szelep” az alatta 300 km/óra sebességgel haladó felület felett 200 Å távolságra helyezkedik el.

ség az elektronikus kiolvasás következménye, nincs szükség lézerekre, speciális optikákra.

A merevlemezen az adatok tárolása mágneses jelek formájában történik. Azok a  $\mu\text{m}$  alatti méretű tartományok, melyek mágneszettségi iránya a 0 és 1 biteknek felel meg, szintén egy spirál mentén helyezkednek el. Az adatok írása (törlése és újrainírása) a forgó lemezhez közel helyezett mikrométeres tekerecs segítségével történik, az áram iránya határozza meg a lemez anyagának felmágnesezését. A mágneses lemezen tárolható hatalmas adattömeg gyors kiolvasását az olvasófejben alkalmazott „spin-szelep” biztosítja, ez teszi a 2. ábrán szétszedett állapotban mutatott merevlemez olvasót (HDD) a jelenleg létező legnagyobb teljesítményű adattároló eszközzé.

Érdemes közelebbről megvizsgálni a két mágneses rétegből kialakított spin-szelep működését (3.a ábra). A könnyen mágnesezhető réteg érzékeli a lemez mágneses terét, és ahogyan az alatta forgó spirálszakaszon váltakozik a mágnesezés iránya, ugyanúgy billeg a mágneszettsége. A spin-szelep billegő mágneszettségű rétege egy rögzített mágneszettségű réteg alatt helyezkedik el. Egy ilyen elrendezés elektromos ellenállása függ attól, hogy a két réteg egyformán, vagy ellentétesen van mágnesezve, így egyszerű ellenállásméréssel lehet a billegő mágnes jelét detektálni. Ez teszi lehetővé, hogy 1 bit kiolvasása néhány nanomásodperc ( $1 \text{ ns} = 10^{-9} \text{ s}$ ) alatt megtörténjen.

A spin-szelep működéséhez feltétlenül meg kell akadályozni, hogy a két réteg együtt billegjen, jóllehet közel azonos teret éreznek, ráadásul a billenő réteg is szeretné a saját irányába fordítani a másik réteget. A mágnesség mikroszkopikus elméletéig és a mágneses jelenségek kvantummechanikai megértéséig nyúlik vissza az a megoldás,

ahogy a „nem-billegő” réteg mágneszettségét rögzítik. A 3.b ábra szemlélteti a megoldást: a rögzítést egy antiferromágneses anyag szélső mágneses atomrétegéhez történő, atomi pontosságú illesztés biztosítja. Az antiferromágnesben a rétegek mágneszettségének iránya váltakozik, kifelé az anyag nem is tűnik mágnesesnek. Atomjai azonban mágnesesek, ráadásul mágneses kölcsönhatásuk nem a szokásos klasszikus dipólkölcsönhatás (mint pl. iránytűk között), hanem annál tízezerszer erősebb. Ezek az erők – az atomok megválasztásától függően – az atomsorok mágnességének ellentétes (antiferromágneses), illetve egyező (ferromágneses) rendeződését is előidézhetik. Napjaink csúcstechnológiai megoldásai teszik lehetővé a 3.b ábra atomrétegeinek megvalósítását, amikor is atomsor pontossággal cserélődik fel az antiferromágneses és ferromágneses kölcsönhatás a két anyag rétegei között.

Végül nézzünk meg egy, a merevlemez-olvasóban alkalmazott klasszikus fizikai megoldást is, ami a lemez forgásához kapcsolódik. Könnyű kiszámolni, hogy csak akkor tudjuk a néhány tized  $\mu\text{m}$  távolságra lévő biteket néhány ns alatt kiolvasni, ha az olvasófej alatt a lemez  $\approx 10^{-7}\text{m}/10^{-9} \text{ s}$ , azaz körülbelül 300 km/óra sebességgel halad el. És ez valóban így van! Felvetődik a kérdés, hogy ilyen sebességek mellett milyen szabályozó-rendszerrel lehet biztosítani azt, hogy az olvasófej néhányszor  $10 \text{ \AA}$  pontossággal, mintegy  $200 \text{ \AA}$  távolságra helyezkedjen el a lemez felett? (Az arányokat tekintve: ha egy 2,5"-es notebooklemez sugarát a Föld sugarára nagyítjuk, a fenti kívánalom annak felelne meg, hogy egy repülőgép a Föld felszínét 2 méter magasan, 10 cm pontossággal kövesse!) A megoldás nem egy bonyolult szabályozó-rendszer, hanem áramlástan: az olvasófej alakja van úgy kialakítva, hogy a nagy sebességnél keletkező légpárna a rugalmas olvasókart a kellő magasságba emelje, majd az áramláskor keletkező erők stabilan ott tartásák.

A terület olyan gyorsan fejlődik, hogy csak gyakran frissített anyagokat érdemes olvasni róla. A magyar nyelvet kedvelőknek a <http://hu.wikipedia.org/> cím ajánlható. (Nem azonos az angol Wikipedia fordításával!)

Az alábbi címeken igen sok angol nyelvű információ található: <http://electronics.howstuffworks.com/> és <http://en.wikipedia.org/wiki/>

Mibály György  
BME, TTK, Fizikai Intézet

3. ábra. a) A spin-szelepen mért elektromos ellenállás értéke a billegő és a rögzített réteg mágneszettségének egymáshoz képesti irányától függ. A rétegek vastagsága néhány tized mikrométer. b) A felső ferromágnes mágneszési irányát a felette elhelyezkedő antiferromágneses réteg felületének utolsó atomrétege rögzíti.

