

# 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 áttételesen 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, internet-használat, MP3-lejátszás). A hitelkártyával való fizetés természetes mozdulata 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 polikarbonátműanyag 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 lemezzel lézerténnel történik. Most jön a fizika! A lemez felületét egy nagyon vékony (100 Å) 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 lemezzel visszavert lézersugárban a gödör hosszának megfelelően rövid és hosszú kioltások váltakoznak, így olvasható ki a felületre rögzített információ.

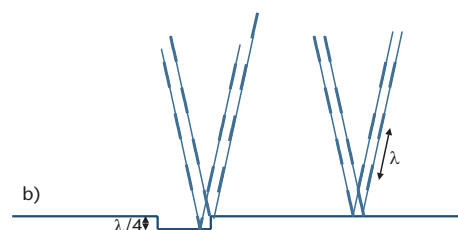
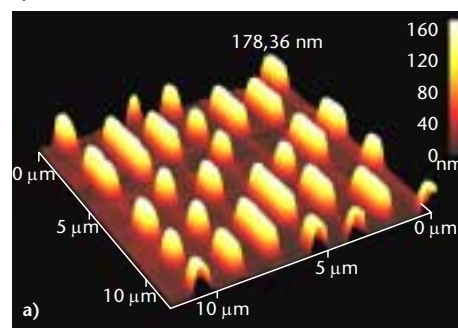
Az írható lemezek felülete csak a lézerténnel megvezetését biztosító spirálvonalat tartalmazza, gödrök nélkül. A lemezre egy olyan lakkreteget visznek fel, amelyet az íráshoz használt, nagyobb teljesítményű lézerténnel megvilágított ponton felmelegít, és megszünteti átláthatóságát. Az így kialakított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

Az újraírható lemezekben az adatok törlését is meg kell oldani. Ehhez még eggyel több lézertel, 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 °C-ról történő gyors lehűlésekor egy nagyobb sűrűségű, amorf szerkezet alakul ki. A nagy teljesítményű lézertel 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 lézertel az ötvözetet

mintegy 200 °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 újraírható lemezeket kisebb lelkesedéssel használják.

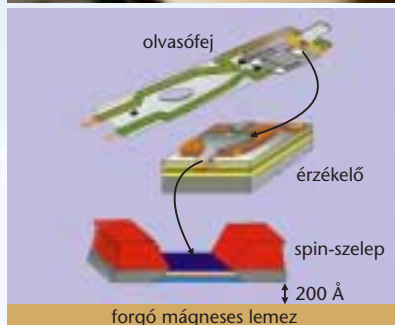
A mágneses merevlemez (winchester) a DVD-hez hasonlóan egy forgó lemez, a kiolvasás sebessége viszont közel százszor nagyobb. A tipikus számítógépes tevékenységnek – „homokóra” nézése – már egy kettes faktort is jelentősnek érzünk, a több nagyságrendnyi különbség így mindenképpen értékelendő. A nagy sebesség az elektronikus kiolvasás következménye, nincs szükség lézertelre, speciális optikákra.

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



A merevlemezen az adatok tárolása mágneses jelek formájában történik. Azok a  $\mu\text{m}$  alatti méretű tartományok, melyek mágnesezettségi iránya a 0 és 1 biteknek felel meg, szintén egy spirál mentén helyezkednek el. Az adatok írása (törlése és újraírása) a forgó lemezhez közel helyezett mikrométeres tekercs 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 eszközé.

Érdeemes 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 mágnesezettsége. A spin-szelep billegő mágnesezettségű rétege egy rögzített mágnesezettségű 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.



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

A spin-szelep működéséhez feltétlenül meg kell akadályozni, hogy a két réteg együtt billegjen, jöllehet közel azonos teret éreznek, ráadásul a billegő 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 mágnesezettségét 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 mágnesezettségének 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 függő-

en – 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  $300 \text{ km/óra}$  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  $10 \text{ Å}$  pontossággal, mintegy  $200 \text{ Å}$  távolságra helyezkedjen el a lemez felett? (Az arányokat tekintve: ha egy  $2,5$ "-es notebooklemez sugarát a Föld sugarára nagyítjuk, a fenti kíváncságnak felelné meg, hogy egy repülőgép a Föld felszínét  $2 \text{ méter}$  magasan,  $10 \text{ cm}$  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 áramlaskor 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>

Mihály György  
BME, TTK, Fizikai Intézet

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

