



*Hologram: Dvě fotky hologramu myši z různých úhlů pohledu. Autoři obrázku: Georg-Johann Lay, Epzcow, zdroj Wikipedia, licence obrázku public domain*

## NENÍ HOLOGRAM JAKO HOLOGRAM

science 12.2.2017 Články

Pod pojmem hologram se skrývá několik různých technologií: dot matrix, elektronová litografie či hloubkové hologramy.

Viz také: Hologramy: menší, krásnější a všudypřítomné

Články v češtině, na které můžeme narazit, zpravidla zavádí různá třídění podle vizuálních efektů, my se naopak zaměříme na rozdílné technologie vytváření hologramů. Budeme se nadále držet pojmu „hologram“, i když se můžeme setkat s názory, že třeba elektronová litografie (viz dále) už fakticky není holografickou technologií, ale že by jí lépe slušelo označení „počítačově syntetizované nanooptické elementy“.

Společným principem hologramu je to, že obrázky vyvolávající optickou iluzi trojrozměrnosti vznikají otištěním raznice (master hologram) do nějakého materiálu, nejčastěji plastové fólie. Tak např. společnost Optaglio má patentovány technologie pro vytlačování hologramů do polykarbonátu a do kovů a další špičkoví hráči mají zase své produkty. V každém případě ale platí, že se jedná o technologii velmi vhodnou pro masovou výrobu a že rozhodující je způsob, jakým je ale vytvářena raznice.

### Klasika Dot Matrix

Některým se možná ještě vybaví původní princip holografie, který je založen na prostorové interferenci dvou monochromatických (laserových) optických vln, z nichž jedna se šíří rovnoběžně a druhá se rozptyluje odrazem od zobrazovaného předmětu. Díky tomu vzniknou v prostoru stojaté vlny daného monochromatického světla a odpovídající paprsky dopadají na desku s nanosenou světlo citlivou vrstvou fotorezistu. Citlivá vrstva je tak na různých místech narušena, a tudíž citlivější vůči působení vývojky. Následuje vyvolávání podobné tomu, jaké známe z klasické fotografie. Hotový hologram obsahuje jemné difrakční mřížky, které si můžeme představit jako řadu rovnoběžných rýh, přičemž širší rýh i vzdálenosti mezi nimi jsou blízké vlnové délce světla. Proto se na nich světlo láme a vytváří požadovaný optický efekt. Výrazem dot matrix je označován hologram, který vznikl touto tradiční cestou nebo její simulací, ovšem

s tím, že plocha hologramu je rozdělena na body (pixely) a každý pixel má svou mřížku. Obsah je dán pouze třemi parametry – šířkou štěrbin, vzájemnou vzdáleností štěrbin a jejich orientací. Zpravidla se pracuje s rozlišením 1000 DPI (velikost pixelu 25 x 25 mikronů), ti nejlepší dosahují až 10 000 DPI. Pak už výrobce hologramu naráží na fyzikální meze technologie, protože jemnost rozlišení (a tím i velikost pixelů) je dána mimo jiné vlnovou délkou použitého světla. Vzhledem k tomu, že s technologií dot matrix se pracuje již řádově 20 let, existuje s ní dostatek zkušeností a je možné i v jejím rámci vytvářet slušně pokročilé vizuální efekty. Fyzikální limity ovšem obelstít nelze.

Luboš Malák ze společnosti Optaglio k tomu doplňuje, že největší slabinou technologie dot matrix je poměrně nízká bezpečnost. Je totiž možné prohlížet hologram pixel po pixelu, pro každé místo vypočítat parametry difrakční mřížky, na základě toho rekonstruovat raznici a začít sériově vyrábět hologramy nerozlišitelné od původních. U levnějšího spotřebního zboží to nemusí představovat problém, třeba u bankovek nebo cestovních pasů to ale znamená zásadní překážku nasazení.

### **Bezpečná a pokročilá elektronová litografie**

Elektronová litografie je technologie spočívající v tom, že citlivá vrstva není bombardována světelným paprskem, nýbrž fokusovaným paprskem elektronů. Ti nejlepší pracují s přesností jednotek nanometrů. Tomu odpovídá nesrovnatelně jemnější rozlišení. Již zmíněné Optaglio dosahuje přes 2,5 milionu DPI. Hologram nevzniká osvětlováním zobrazovaného předmětu, ale čistě počítačově, mohli bychom říct fantazijně. Grafik nefotografuje, grafik vymýšlí. Větší jemnost a jiný princip zápisu struktur pak umožňují úplně jiný typ vizuálních efektů – plynulejší pohyby, animace, plastické reliéfy atd.

Z hlediska bezpečnosti je ale rozhodující, že hologram vzniklý metodou elektronové litografie nelze okopírovat, zdůrazňuje technolog společnosti Optaglio Liboš Malák. Metoda dot matrix je zcela mimo hru, protože pracuje s řádově horším rozlišením. Ale ani jiné elektronové litografy nemusí stačit, protože difrakční mřížky jsou vytvářeny pomocí řádově složitějších vzorců, které nelze odvodit zpětně. Ani detailním prohlížením tudíž nezjistíte, jak byl hologram vytvořen.

Právě pohled mikroskopem s dobrým rozlišením ukazuje hodně. Hologram dot matrix je spořádaný jako vojsko na cvičišti. Hologram vytvořený elektronovou litografií působí spíš jako změť, aplikované předpisy jsou řádově komplexnější.

### **Technologie budoucnosti**

Nevýhodou elektronové litografie je nízká dostupnost této technologie. Potřebná zařízení vyjdou na miliony eur a, jak se v literatuře často uvádí, technologie je „knowledge-intensive“, to znamená, že i se špičkovým vybavením potřebujete velmi rozsáhlé a velmi specializované znalosti. Hodně je vidět z toho, že těch několik málo firem, co to umí slušně, přichází téměř každoročně s nějakou výraznou inovací. „I naše zkušenost jako firmy Optaglio je taková. Po letech práce pořád objevujeme nové možnosti a ani zdaleka se neblížíme limitům technologie,“ konstatuje manažer výzkumu ve společnosti Optaglio Čestmír Hradečný. A mezitím se už objevuje další pojem a další technologie: Volume holograms, česky někdy jako hloubkové hologramy. Pracují se světelným laserovým paprskem, ovšem tentokrát je použito paprsků několik, takže dopadají na citlivou vrstvu fotorezistu z různých stran. Princip je znám víc než 10 let, zájmu přibývá, a i

když zatím ještě není možné hovořit o standardních komerčních produktech, v budoucnu lze očekávat rozvoj tímto směrem. Technologie volume hologramů zcela jistě otevírá úplně jiné grafické možnosti. A pracovní tým z kanadské University of Waterloo oznámil vytvoření prvního neutronového hologramu, byť zatím jen v laboratorních podmínkách.

Autor: Petr Hampel

0 Komentářů [sciencemag.cz](#)

 Petr Hampel ▾

 Doporučit  Sdílet

Seřadit od nejlepšího ▾

sciencemag.cz potřebuje před vložením komentáře ověřit Vaši e-mailovou adresu. Odeslat ověření na email [petr.hampel@tate.cz](mailto:petr.hampel@tate.cz) ✕



Začněte diskuzi...

Budte první, kdo přidá komentář.

#### ALSO ON SCIENCEMAG.CZ


##### Pentazol – připravena sloučenina, která se chemikům století vzpírala

2 komentářů • před 3 měsíci

 **Zdeněk Moravec** — Fe(Gly)<sub>2</sub> není glycid, ale glycinát - sůl karboxylové kyseliny


##### Virtuální realitou proti strachu ze smrti

2 komentářů • před 4 měsíci

 **pavel houser** — no to jste to fakt vsem "vysvetlil"...


##### Jak rychlá může být terraformace Marsu?





5 komentářů • před měsícem

 **Miroslav Slugeň** — Největší problém není jak vytvořit na marsu dýchatelnou atmosféru, ale jak zajistit marsu ...

##### Deuterid lithia, vodíková bomba a fúze

1 komentář • před 2 měsíci

 **Zdeněk Moravec** — Pěkný článek, jen malá připomínka - protonové číslo se zapisuje jako dolní index před symbol prvku, ...

 Přihlásit se k odběru  Přidat Disqus na Vaši stránku  Add Disqus  Soukromí