



SLOVENSKÁ TECHNICKÁ
UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA

Študentská vedecká konferencia
Akademický rok 2018/2019

Hologramy a ako na ne

Meno a priezvisko študenta, ročník, odbor: Matej Dudlák
Mária Šašalová
Anna Šturmová
1. Ročník, PSA-3, PSA-10

Vedúci práce: RNDr. Peter Šín, PhD.

Katedra / Ústav: Katedra Fyziky

Bratislava 25. apríla 2019

Obsah

1 Úvod	4
2 Teoretická časť	5
2.1 Záznam hologramu	6
2.2 Rekonštrukcia hologramu	8
3 Praktická realizácia	8
3.1 Záznam nepravého hologramu	8
3.2 Výroba ihlana	16
4 Diskusia	18
5 Záver	19
6 Zdroje	20

Abstrakt

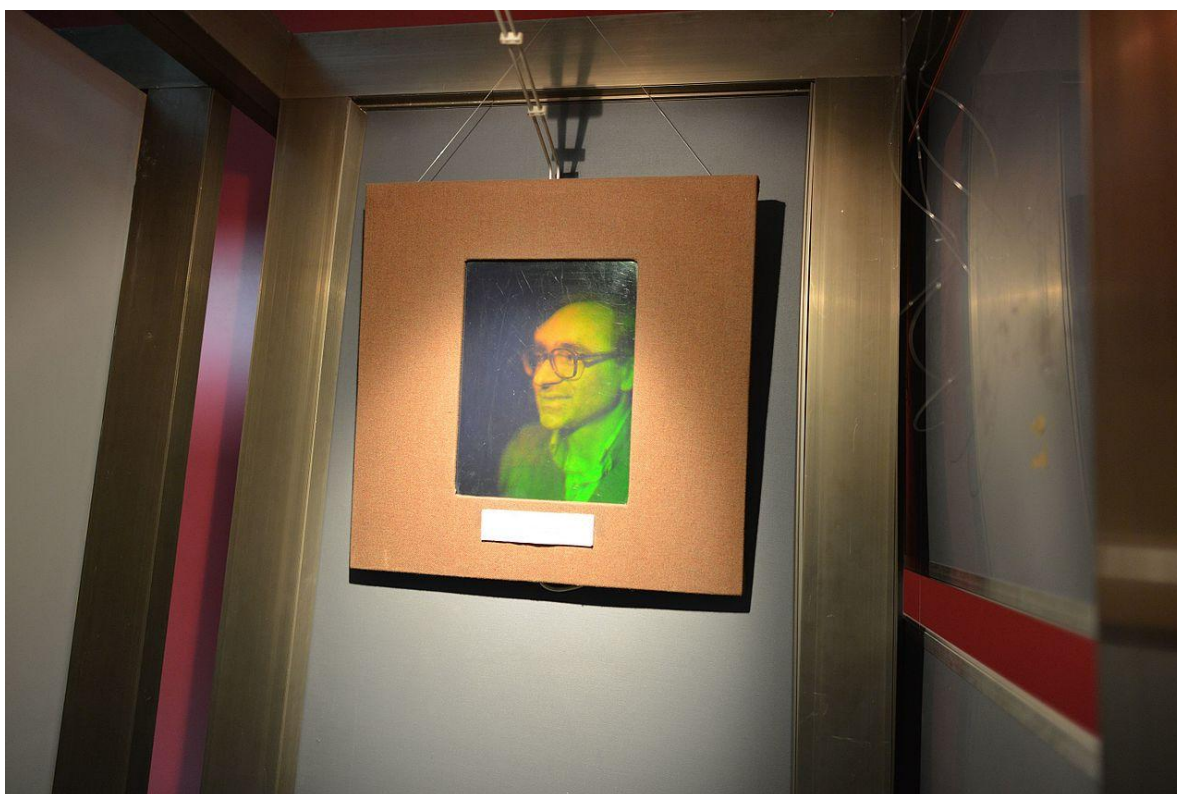
V tejto práci rozoberieme čo je to hologram, metódy, akými je možné tento zdanlivo trojrozmerný obraz získať a spôsob ako si za pomoci bežne dostupných materiálov ako napríklad plexisklo zostrojiť jednoduchý nepravý hologram. Ďalej je v tejto práci vypracovaný obrázkový návod spolu s popisom toho, ako sme sa dopracovali k nášmu hologramu.

Abstract

In this work, we will discuss what a hologram is, a method by which this seemingly three-dimensional image can be obtained, and a way to construct a simple false hologram using commonly available materials such as Plexiglas. Next, an image tutorial is written along with a description of how we have obtained our hologram.

1 Úvod

Hologram je definovaný ako trojrozmerný obraz založený na zobrazení predmetu pomocou koherentného žiarenia a vln odrazených od predmetu. Samotné slovo holografia vzniklo spojením dvoch gréckych slov holos – celý a grapho – zápis, znamená v slovenčine celkový obrazový záznam. Hologram je pozoruhodný najmä tým, že na rozdiel od obvyčajnej fotografie vie vytvoriť všetko, čo bežne zachytí aj ľudské oko: veľkosť, tvar, textúru a relatívne umiestnenie. Žiaľ, až keď sa tohto dokonalého obrazu pokúsime dotknúť, zistíme, že ide o napodobeninu, a nie o skutočný 3D predmet.



Obr. 1 Holografický autoportrét, Ventseslav Saynov, 1995

V dnešnej dobe je holografia využívaná v mnohých oblastiach. Verejnosti najznámejším využitím hologramov sú holografické ochranné prvky na bankovkách a kreditných kartách. Holografická interferometria je jednou z najrozšírenejších priemyselných využití holografie. Využíva sa na testovanie mnohých výrobkov, od kolies po umelé končatiny. V obchodoch sa na skenovanie čiarových kódov využíva špeciálna holografická šošovka. Vďaka holografickým snímkam môžu chirurgovia vykonávať merania bez potreby chirurgického zákroku. Holografia sa taktiež využíva v umení na zhotovenie autoportrétov a iných obrazov.

2 Teoretická časť

Holografia ako veda sa zrodila v roku 1947, keď britský fyzik maďarského pôvodu Dennis Gabor uskutočnil svoj experiment s ortuťovou lampou na zlepšenie kvality obrazu a zdokonalenie elektrónového mikroskopu, za čo mu v roku 1971 bola udelená Nobelova cena za fyziku. Pozoruhodnosť Gaborovej myšlienky je v tom, že aj keď v roku 1947 nemal k dispozícii koherentné svetlo, dokázal celkom presne sformulovať ideu rekonštrukcie vlnového frontu a ukázať metódu jej uskutočnenia. Práve vtedy Dr. Gabor položil základy holografie ako vedľajší výsledok svojej práce. Princíp holografie upadol na dlhšiu dobu do zabudnutia, pretože skôr než Gábor dospel k novým výsledkom, podarilo sa dosiahnuť zdokonalenie obrazu v elektrónovom mikroskope inými metódami.

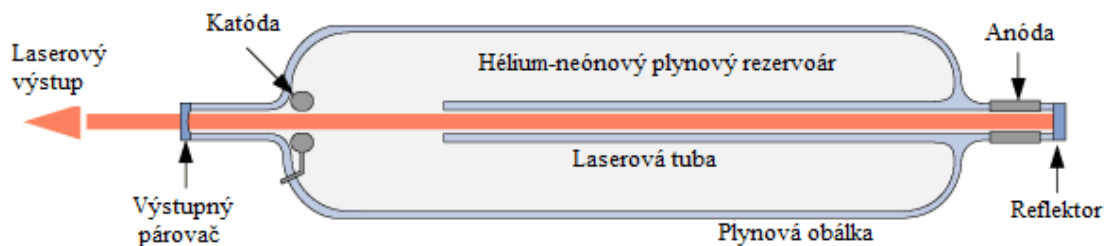


Obr. 2 Holografický autoportrét, Dennis Gabor

Rozvojom kvantovej elektroniky a objavením laseru, zdroja koherentného žiarenia, boli položené základy modernej holografie. Od roku 1960 vo výskume pokračovali rádiofyzičtí a optici E. Leith a J. Upatnieks na Michiganskej univerzite, ktorým sa neskôr aj podarilo vytvoriť hologram so zaznamenaným 3D objektom. Dnes rozlišujeme dva základné typy hologramov: reflexný a transmisný. Reflexný hologram je najčastejšie používaný hologram. Na rozdiel od ostatných hologramov môže byť zobrazený pomocou bieleho svetla a vzhľadom na umiestnenie lúča sa obraz zobrazí pred alebo za holografickým záznamovým filmom. Obraz je presnou kópiou reálneho objektu v prípade, ak objekt budeme pozorovať za rovnakých podmienok, pri ktorých bol hologram zaznamenaný. Na zaznamenanie transmisného obrazu nie je potrebné zrkadlo vytvárajúce referenčný lúč. Takýto hologram je zobrazený pomocou laserového zväzku lúčov idúceho spoza holografického záznamu a prenesených na stranu pozorovateľa. Obraz je veľmi ostrý a hlboký. V ďalších častiach sa zameriame na záznam a zobrazenie jednolúčového reflexného hologramu taktiež známeho aj ako Denisiukov hologram.

2.1 Záznam hologramu

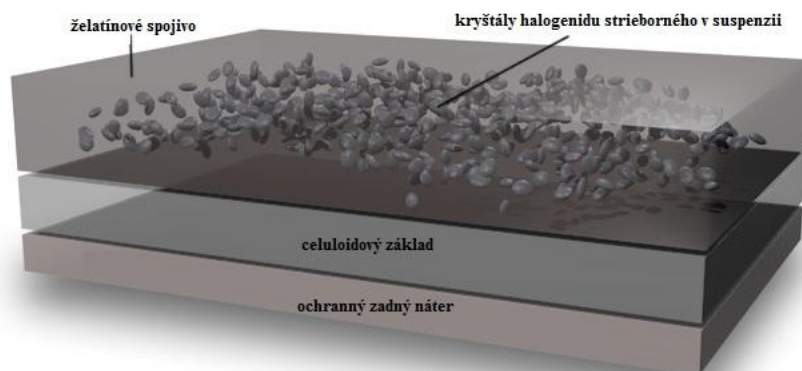
Hologram sa zaznamenáva pomocou koherentného vlnenia. Toto vlnenie má nemenný fázový posun, takže pri priestorovom prekrytí takýchto dvoch vln vieme jednoducho zistiť výslednú intenzitu. Pre záznam potrebujeme, aby malo vlnenie rovnakú frekvenciu, čo dosiahneme tak, že použijeme monochromatické vlnenie. V minulosti sa ako zdroj monochromatického vlnenia používali ortuťové lampy a koherentnosť vlnenia sa dosiahne prechodom cez rôzne filtre. Dnes je však najčastejšie používaným zdrojom monochromatického koherentného vlnenia héliovo-neónový laser. Laser je prístroj, ktorý obsahuje tubu naplnenú héliovo - neónovým plynom. Pomocou elektrického poľa sa atómy hélia a neónu excitujú a vyžarujú fotóny. Niektoré z týchto fotónov sa pohybujú ideálne horizontálne a pomocou zrkadiel umiestnených na koncoch tuby sa tieto fotóny začnú odrážať z jednej strany na druhú. Nakoľko dĺžka tuby je presne násobkom dĺžky vlnenia svetla a z jednej strany je čiastočne priepustné zrkadlo, vznikne zväzok koherentného monochromatického vlnenia.



Obr. 3 Princíp vzniku laserového lúča

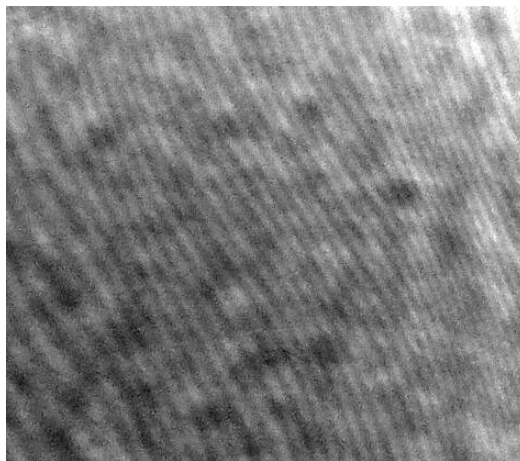
Na to, aby sme takýto záznam vytvorili, taktiež potrebujeme špeciálny holografický film s veľmi vysokým rozlíšením. Jeho halogenostrieborná suspenzia má na rozdiel od fotografického filmu oveľa menšie zrná halogenidu strieborného.

Základná štruktúra filmu



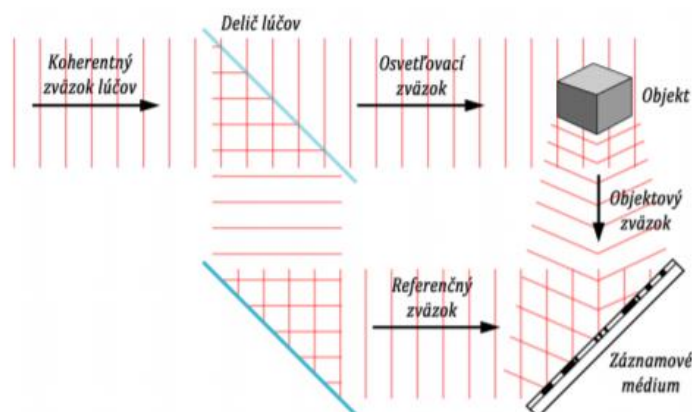
Obr. 4 Detail fotografického filmu

Na pochopenie samotného princípu holografického záznamu si potrebujeme vysvetliť difrakciu a interferenciu svetla. Difrakcia je jav, kedy sa svetelný lúč po prechode cez štrbinu začne správať ako vlnenie, čiže jeho šírenie nadobúda podobu guľovej plochy. Keď svetelný lúč nasmerujeme na difrakčnú mriežku, tienidlo s pravidelnými štrbinami, za jednotlivou štrbinou sa budú vytvárať vlnoplochy, ktoré budú navzájom interferovať. Ak za difrakčnú mriežku položíme tienidlo, budú sa na ňom vytvárať svetlé a tmavé pruhy, známe ako interferenčný obrazec. Pri strete vln vo fáze sa na tienidle vytvorí svetlý pruh, reprezentujúci body interferenčného maxima, ale ak sa napríklad stretnú dve vlny s posunom $\pi/2$ nastane deštruktívna interferencia a na tienidle sa vytvorí tmavý pruh, body interferenčného minima.



Obr. 5 Detail fotografie holografického záznamu

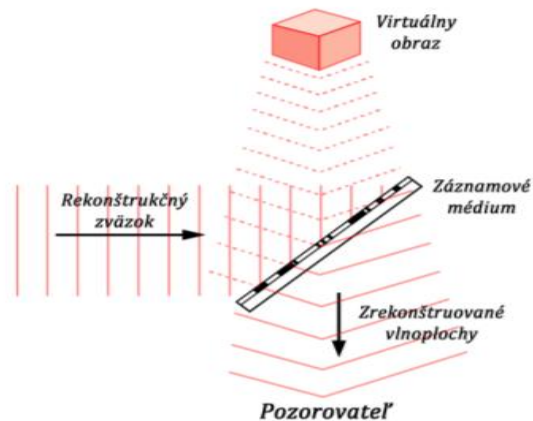
Koherentný zväzok lúčov pomocou hranolu rozdelíme na dva zväzky. Prvý zväzok, nazývaný aj osvetľovací zväzok, bude dopadať na objekt a časť lúčov odrazom dopadne na holografický film. Druhý zväzok pomocou zrkadla odrazíme priamo na holografický film, tento zväzok bude plniť funkciu referenčnú, ktorý slúži na rekonštrukciu hologramu. Tieto dva zväzky lúčov budú na holografickom filme interferovať a výsledkom bude interferenčný vzor nesúci informáciu o intenzite a fázovom posune, pomocou ktorého môžeme následne zrekonštruovať obraz.



Obr. 6 Záznam hologramu

2.2 Rekonštrukcia hologramu

Rekonštrukciu hologramu uskutočníme tak, že osvietime hologram laserom v tej istej vzdialenosti a pod tým istým uhlom, pod akým dopadal referenčný zväzok na holografický film. Dopadajúcu vlnu nazývame rekonštrukčnou, pretože na difrakčný vzor vytvára trojrozmerný obraz za holografickým filmom.



Obr. 7 Rekonštrukcia hologramu

3 Praktická realizácia

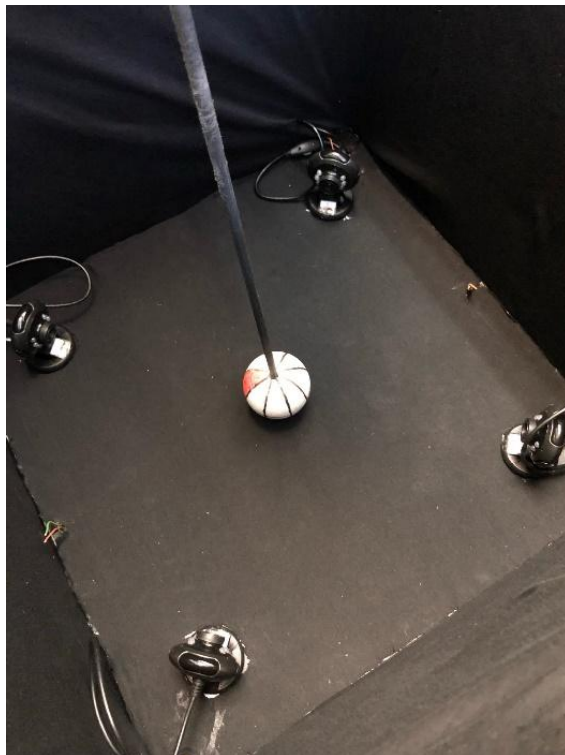
3.1 Záznam nepravého hologramu

Z materiálu Gutbond vyrobíme holografickú krabicu v rozmermi 50cm x 50cm x 50cm. Na dne krabice vyvrtáme štyri diery. Vnútro krabice musí byť čo najviac antireflexné, čo zabezpečíme oblepením stien čiernou látkou a detaily natrieme na čierne. Do rohov na dno krabice stabilizujeme 4 kamery, ktoré manuálne natočíme tak, aby nahrávali objekt umiestnený v strede krabice. Nastavíme rovnaký jas LED osvetlenia všetkých štyroch kamier. Na odvedenie káblov použijeme vyvrtané diery.



Obr. 8 Pohľad zvrchu na holografickú krabicu

Na tyč dlhú 46 cm upevníme biely polystyrénový objekt - loptičku. Na loptičku čiernou fixou nakreslíme vertikálne čiary.



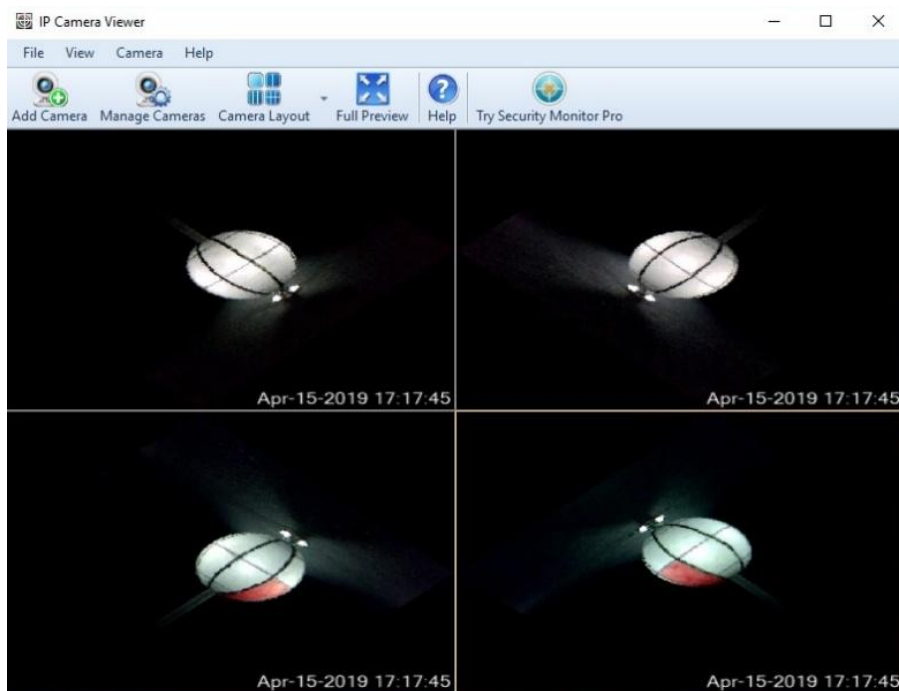
Obr. 9 pohľad na holografickú krabicu s loptičkou

Pomocou elektromotorčeka s prevodom 1:3000 sme zabezpečili to, aby loptička vykonávala rotačný pohyb okolo osi tyče, na ktorú je pripevnená.



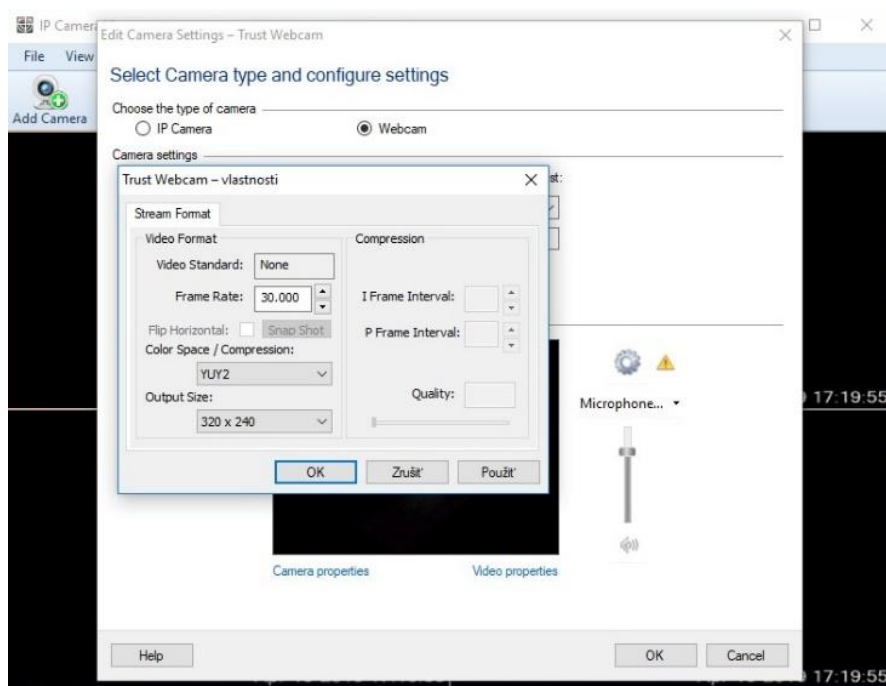
Obr. 10 Elektromotorček s prevodom 1:3000

Kamerové porty zapojíme do počítača. Na monitor sa v programe IP Camera Viewer zobrazí záznam otáčania loptičky.



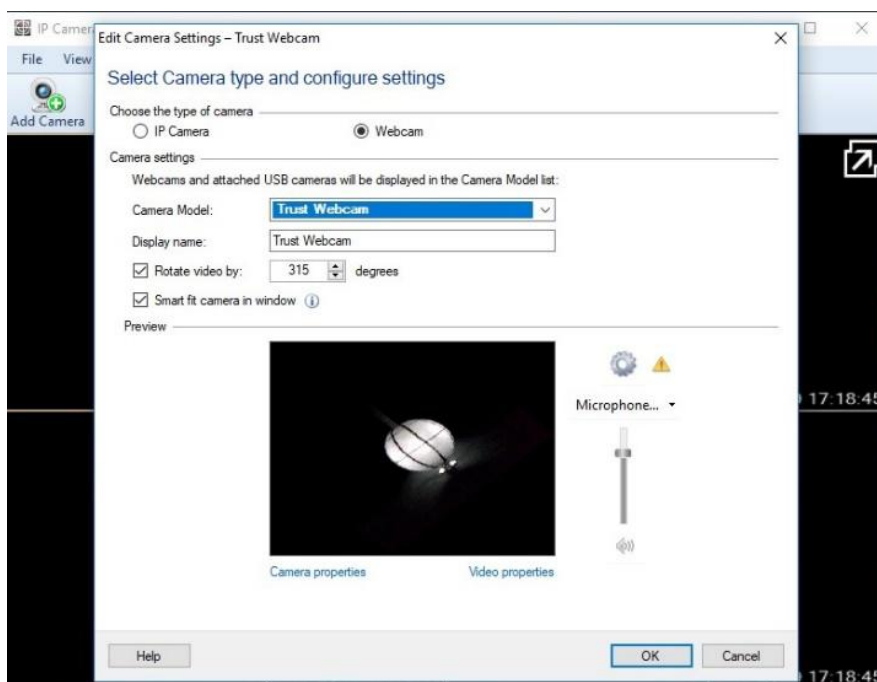
Obr. 11 Zachytávanie videozáznamu

V tomto programe znížime rozlíšenie kamier na 320 x 240 pixelov, aby sme zmenšili veľkosť videa.

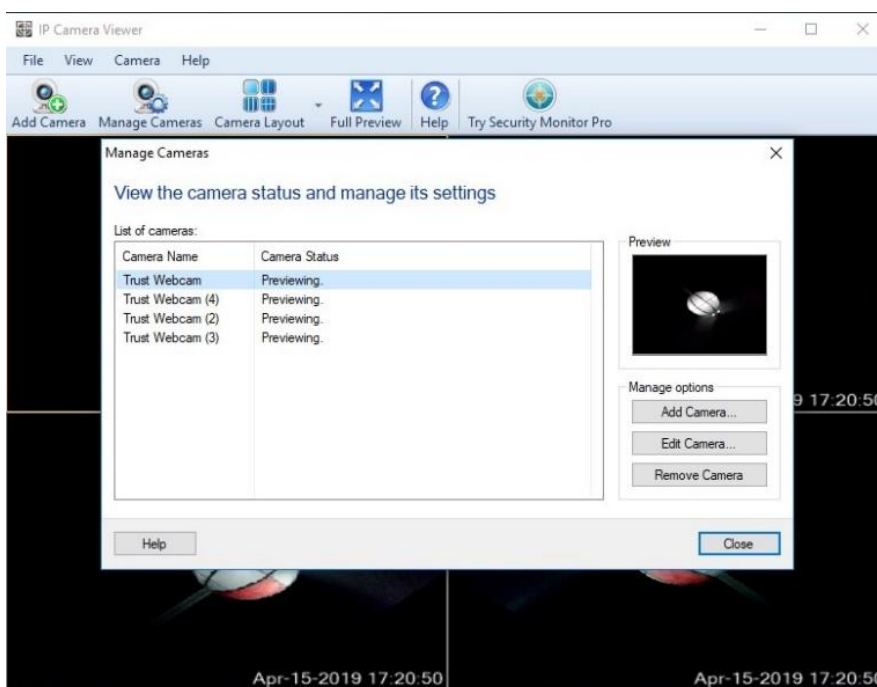


Obr. 12 Nastavenie rozlíšenia jednotlivých obrazov

Pomocou funkcie Detach Camera View jednotlivé záznamy rozdelíme do samostatných okien, pričom každé zmenšíme najviac ako sa dá a zarovnáme ich tak, aby sa navzájom prekrývali hrany obrazov. Vytvoríme obraz zložený zo štyroch panelov, ktoré sa navzájom prekrývajú. Každý záznam je pootočený. Kamera 1 je pootočená o 315°, Kamera 2 o 45°, Kamera 3 o 135° a Kamera 4 o 225°.

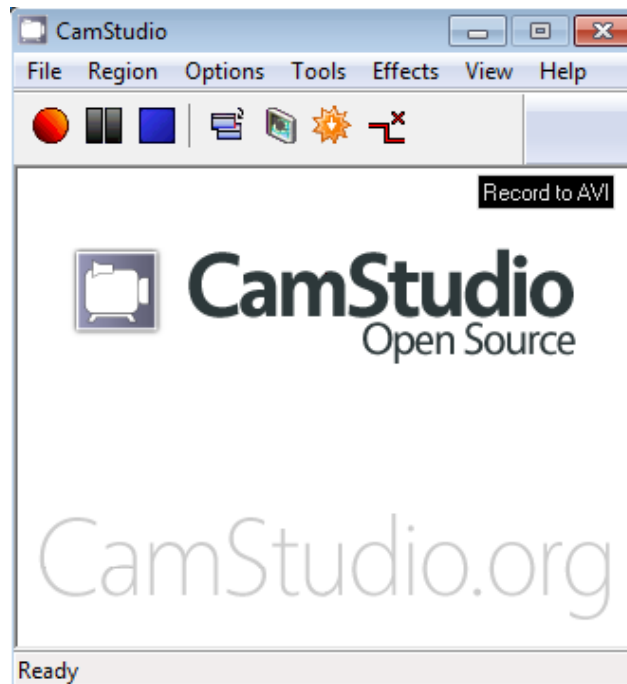


Obr. 13 Nastavenie pootočenia kamier



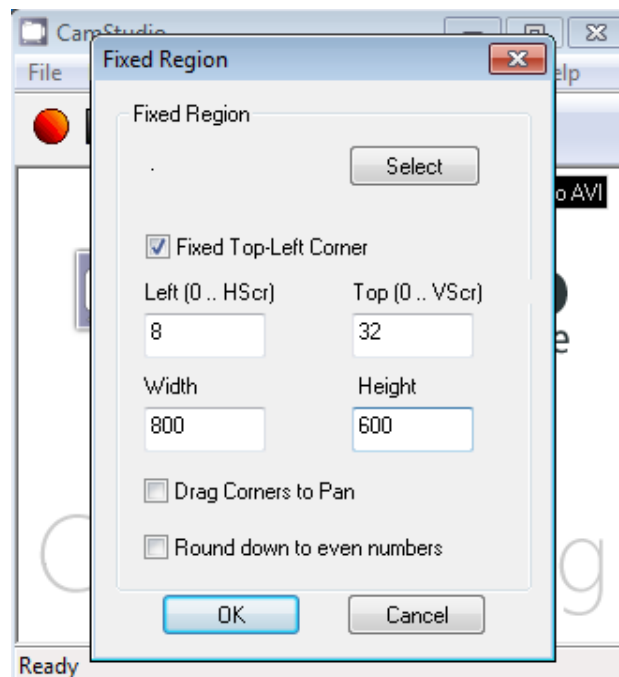
Obr. 14 Kontrola funkčnosti kamier

Pomocou softvéru CamStudio nahráme obrazovku, na ktorej sú záznamy jednotlivých kamier.



Obr. 15 Nahrávanie obrazovky počítača

Cez funkciu Fixed Region nastavíme to, aby program zaznamenával iba istý výrez, okno 600 x 400 pixelov s odsadením od horného rohu 8 x 32 pixelov.



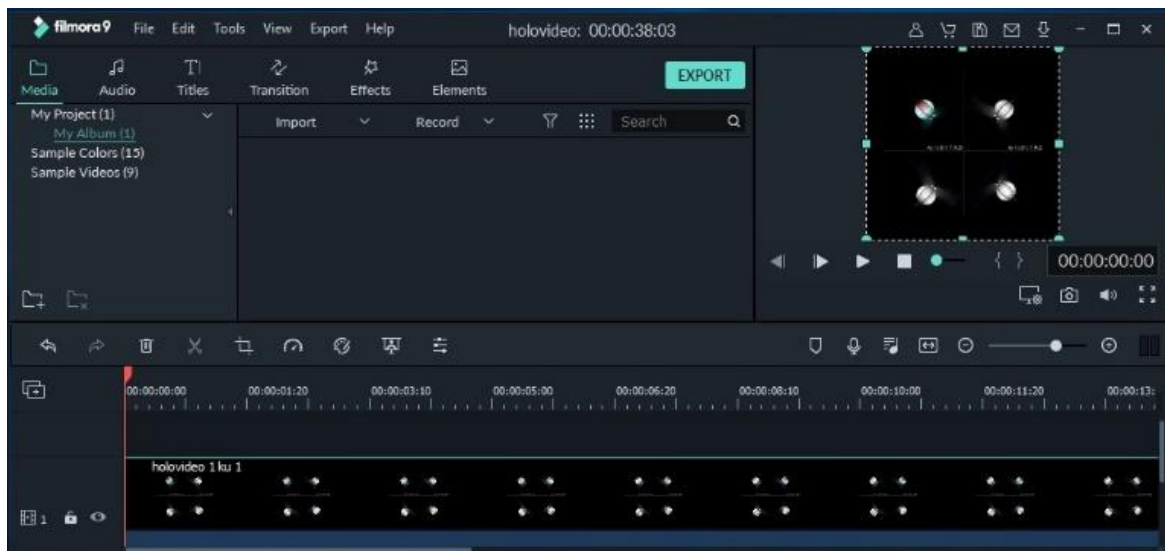
Obr. 16 Nastavenie výrezu obrazovky

Záznam bude trvať asi 37 sekúnd (1 otáčku). Video nemôže prekročiť 200 MB, aby sme ho mohli naďalej upravovať cez bezplatné softvéry. Naraz spustíme nahrávanie obrazovky a otáčanie loptičky. Loptička sa otáča s periódou dve otáčky za minútu.

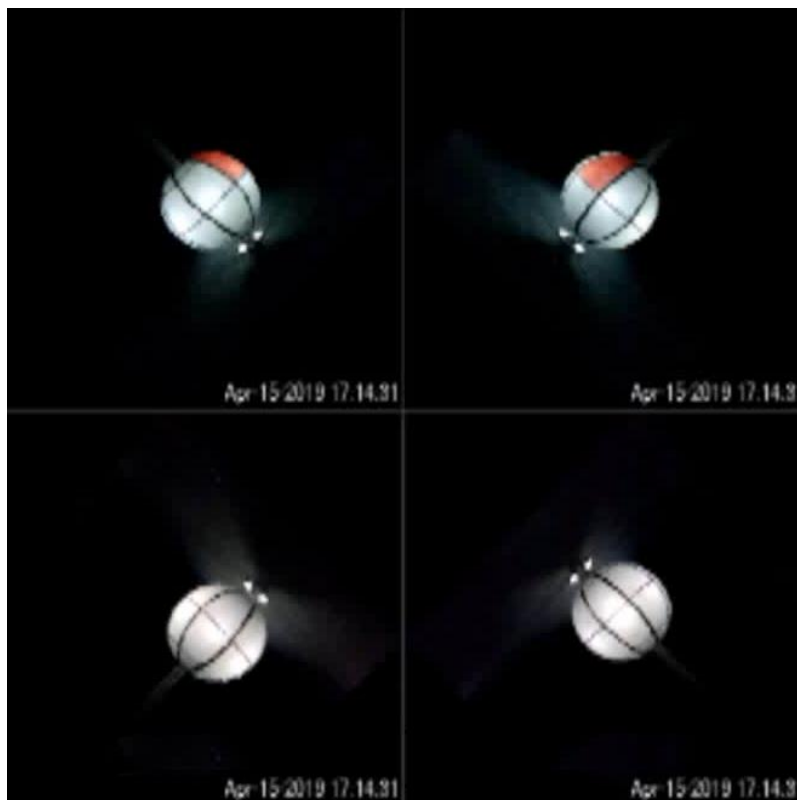


Obr. 17 Nahraté video z obrazovky (obrázok)

Následne v programe Filmora 9 upravíme pomer strán z pôvodných 3:4 na 1:1 a znova nahráme obraz.

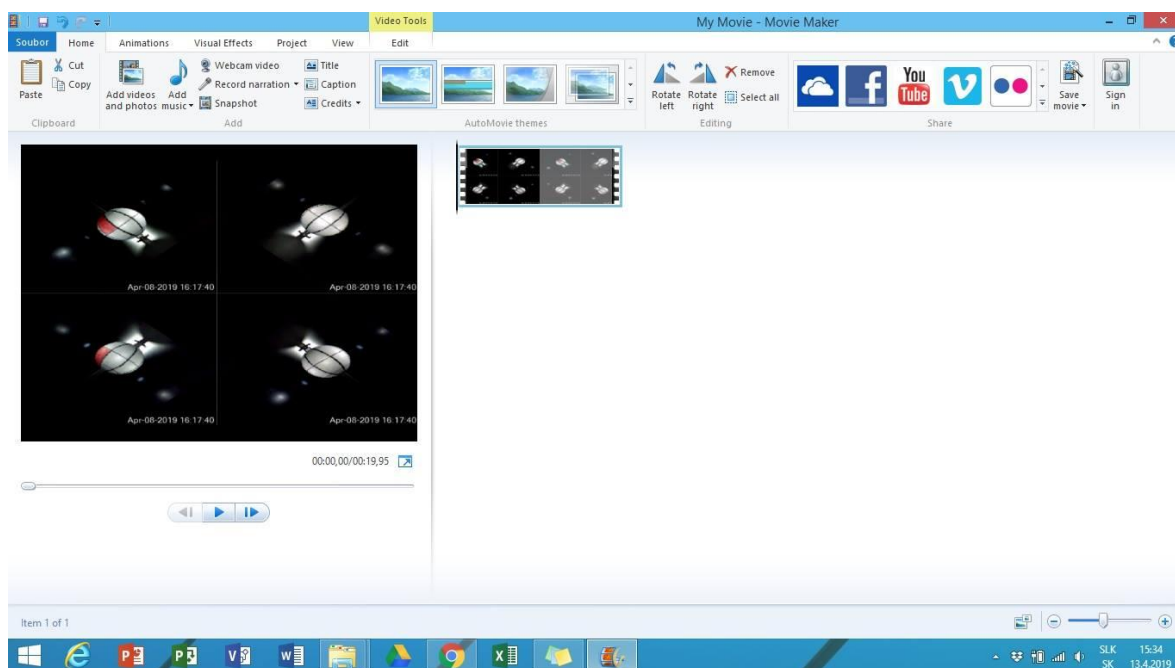


Obr. 18 Úprava pomeru strán 1:1



Obr. 19 Video po úprave pomeru strán 1:1

Pomocou programu Windows Movie Maker upravíme video tak, aby jeho veľkosť neprekročila 200 MB, odstránime zvukovú stopu.




Obr. 20 Zmenšenie veľkosti videa a odstránenie zvukovej stopy

Skonvertujeme ho cez voľne dostupný internetový konvertor na formát WMV.



- Converter
 - ▶ Archive converter
 - ▶ Audio converter
 - ▶ Device Converter
 - ▶ Document converter
 - ▶ Ebook converter
 - ▶ Hash encryption
 - ▶ Image converter
 - ▼ Video converter
 - Convert to 3G2
 - Convert to 3GP
 - Convert to AVI
 - Convert to FLV
 - Convert to MKV
 - Convert to MOV
 - Convert to MP4
 - Convert to MPEG-1
 - Convert to MPEG-2
 - Convert to OGV
 - Convert to WEBM
 - Convert to WMV
 - ▶ Webservice converter

Online WMV video converter



Drop Files here

[Enter URL](#) [Dropbox](#) [Google Drive](#)

holovideo 1 ku 1.wmv 2.74 MB

[▶ Start conversion](#)

[Add example file](#)

Optional settings

Choose a Preset:	<input type="text" value="no preset"/>
Change screen size:	<input type="text"/> x <input type="text"/> pixels
Change video bitrate:	<input type="text"/> kbps
Disable audio track:	<input type="checkbox"/>
Change audio quality:	<input type="text" value="no change"/>
Select audio codec:	<input type="text" value="wmav2 (default)"/>
Change frame rate:	<input type="text"/> per second
Cut video:	<input type="text"/> to <input type="text"/> (00:00:00)
Rotate video (clockwise):	<input type="text" value="no rotation"/>
Mirror/flip video:	<input type="text" value="no change"/>
Select video codec:	<input type="text" value="wmv8 (default)"/>
Crop pixels from:	<input type="text"/> top <input type="text"/> bottom <input type="text"/> left <input type="text"/> right

Save settings

Save settings as: [\(Log in to activate\)](#)

[▶ Start conversion](#)

We offer for example conversions from **AVI** to WMV, **MPEG-2** to WMV, **MKV** to WMV, **MOV** to WMV, **3GP** to WMV, **FLV** to WMV and much more. Just give it a try and if it does not work for you we are happy to receive a message via email from you.

WMV, Windows Media Video (.wmv)

WMV is contained by the Advanced Systems Format (ASF) container. These files often contain Windows Media Video and Windows Media Audio. WMV contained files have the option of supporting digital... [What is WMV](#)

Obr. 21 Konverzia videa na formát WMV.

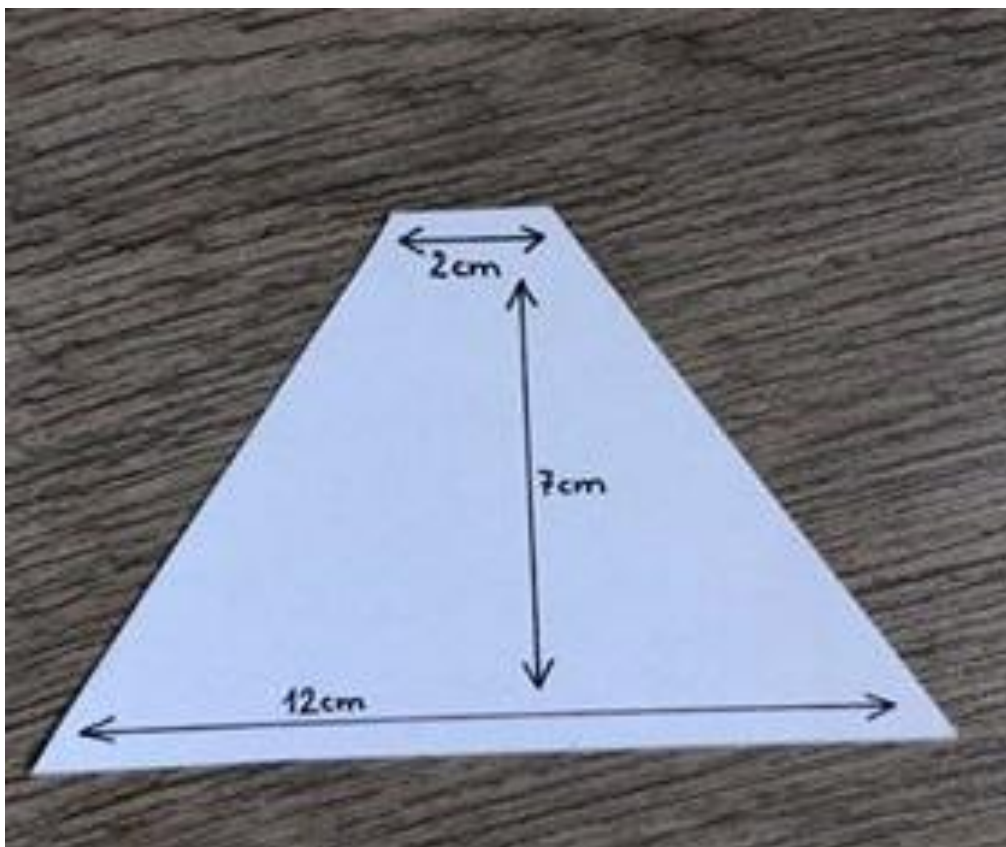
Video nahráme do tabletu. Na obrazovku tabletu položíme nami zostrojený zrezaný ihlan a spustíme video. Odras videa na jednotlivých stenách ihlana bude vytvárať ilúziu trojdimenzionálneho objektu.



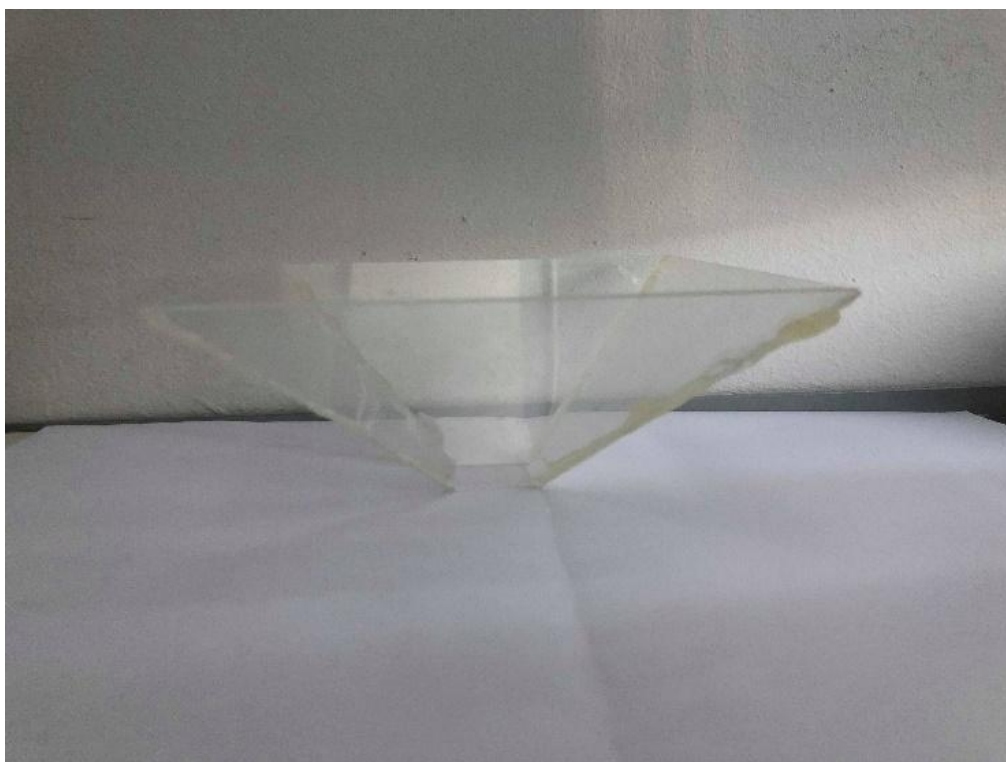
Obr. 22 Projekcia hologramu pomocou ihlana a tabletu

3.2 Výroba ihlana

Vytvoríme si papierovú šablónu zrezaného ihlana. Veľkosti stien zvolíme podľa vlastnej potreby. Podľa šablóny z plexiskla vyrežeme štyri identické rovnoramenné lichobežníky. Tieto lichobežníky budú tvoriť steny zrezaného ihlana. Jednotlivé časti navzájom zlepieme v hranách pomocou lepiacej tavnej pištole. Ihlan postavíme menšou podstavou na tablet a jeho steny budú slúžiť ako médium pre odraz obrazu z daného zariadenia pod ním uloženého.



Obr. 23 Šablóna na výrobu ihlana



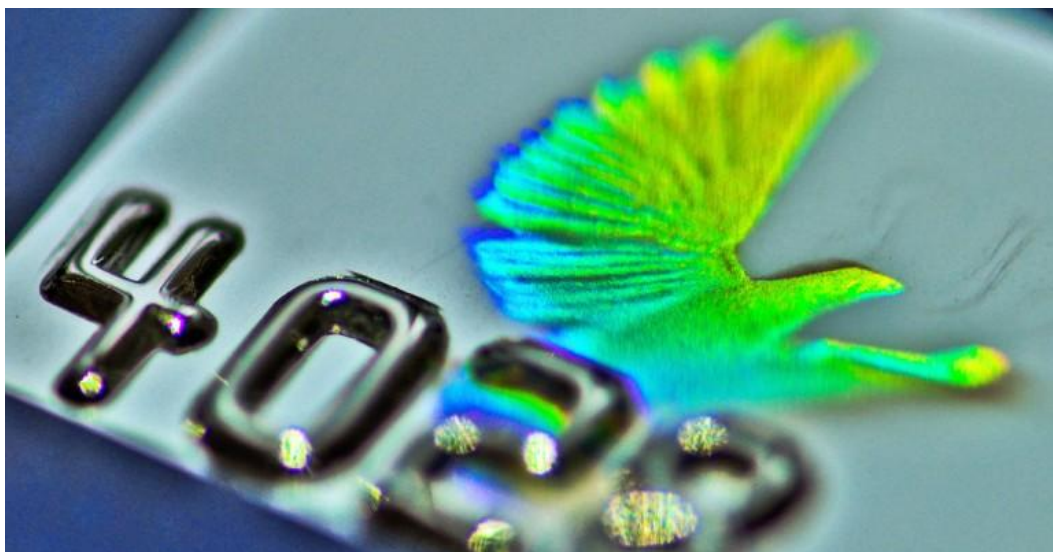
Obr. 24 Ihlan z plexiskla

4 Diskusia

Vývoj technológií pre holografické zobrazovacie metódy je v dnešnej dobe veľmi komplikovaná a finančne náročná záležitosť. Preto sa touto problematikou môžu zaoberať iba veľké spoločnosti. Holografické zobrazovanie má už dnes obrovský potenciál a v dohľadnej budúcnosti sa bude tento potenciál určite zvyšovať a to až tak, že nebude využívaný iba v odvetviach ako napríklad medicína, armáda, a stavebníctvo, ale stane sa bežnou súčasťou našich životov. Otázkou teda je, či si vieme predstaviť používanie hologramov pri bežných činnostiach – na ovládanie zariadení, prenos informácií a podobne. Páčila by sa vám predstava byť vďaka hologramom na dvoch miestach súčasne? V akých odvetviach vidíte využitie hologramov v budúcnosti?



Obr. 25 Hologram na 20 eurovej bankovke



Obr. 26 Hologram na kreditnej karte

5 Záver

Napriek problémom s nastavením uhlov medzi jednotlivými kamerami tak, aby zvierali 90 stupňov, sa nám podarilo urobiť kvalitný videozáznam otáčajúcej sa loptičky, ktorý sme podľa potrieb prispôbovali v rôznych programoch a získali tak materiál potrebný na zostrojenie ilúzie cez ihlan z plexiskla, ktorý nám premietol záznam do falošného priestorového zobrazenia. Vďaka principiálnym zákonom o lome svetla získavame ilúziu trojdimenzionálnej otáčajúcej sa loptičky v priestore. Pomocou tohto postupu je možné zrealizovať záznam nepravého hologramu ľubovoľného telesa.

6 Zdroje

Literatúra

- [1] https://www.pcrevue.sk/a/Ako-fungujeholografia?fbclid=IwAR1NKk7XVus7AcCGaIDkeHMXprJMz_6hINXwyEu1UpGabgqxARTAL1FN7W0
prístupné dňa: 07.04.2019
- [2] <http://www.holografia.wz.cz/holografia/historiaholografie.php?fbclid=IwAR2yHWziYoEw4WMGJiRsJB2rp6H79MjM3GPBH3i5VKz8ddiMJevb7Ka2DIM>
prístupné dňa: 07.04.2019
- [3] Hajko V. a kolektív, Fyzika v experimentoch. 1. vyd. Veda 1988.
- [4] Hariharan P. Optical Holography. Cambridge University Press 1996. ISBN 0-521-43965-5
- [5] <https://www.youtube.com/watch?v=H09y9AXn4Qc&fbclid=IwAR1697scONWo eXZvJfEa9-444OMeDvFZMRRuHJ85AkDjhx7b16RN2Ci-NxU>
prístupné dňa: 07.04. 2018
- [6] <https://www.holographer.com> prístupné dňa: 07.04.2018
- [7] Halliday D., Resnick R., Walker J. Fyzika. VUTIUM 2007. ISBN 978-80-214-4123-1

Obrázky

- [1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holographic_autoportrait,_Sofia.jpg
- [2] <http://www.ivanlo.com/photo/4366.html>
- [3] https://en.wikipedia.org/wiki/Helium%E2%80%93neon_laser#/media/File:He ne-1.png
- [4] <https://i.stack.imgur.com/6lzt4.jpg>
- [5] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a5/Holographic_recording.jpg
- [6] <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/77/Holograph-record.svg>
- [7] <https://en.wikipedia.org/wiki/Holography#/media/File:Holography-reconstruct.svg>
- [8] <http://www.currency-news.com/issues/october-2017/>
- [9] <https://www.bbvaopenmind.com/en/technology/digital-world/holography-more-useful-in-real-life-than-in-science-fiction/>