



Možnosti aplikace kamery pro blízké ultrafialové spektrum elektromagnetického záření v průmyslové praxi

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Pavel Rumml**
Vedoucí práce: Ing. Vlastimil Hotař, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Mechanical Engineering ■

Bachelor thesis

Study programme: B2301 – Mechanical Engineering
Study branch: 2301R000 – Mechanical Engineering
Author: **Pavel Rumml**
Supervisor: Ing. Vlastimil Hotař, Ph.D.





Zadání bakalářské práce

Možnosti aplikace kamery pro blízké ultrafialové spektrum elektromagnetického záření v průmyslové praxi

Jméno a příjmení: **Pavel Rumml**
Osobní číslo: S15000163
Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojní inženýrství
Zadávací katedra: Katedra sklářských strojů a robotiky
Akademický rok: **2018/2019**

Zásady pro vypracování:

Použití kamer mimo spektrum viditelného optického záření má v sobě významný aplikační potenciál, který jde napříč obory. V průmyslové praxi je UV kamera využitelná pro detekci vad, identifikaci znečištění, přítomnosti vlhkosti atd. Velký potenciál má využití pro detekci výrobků ze skla, kdy UV záření je sklem již pohlcováno. Lze tak z UV kamery získat obraz neprůhledného výrobku, který je možné dále zpracovávat obrazovou analýzou, s možností získání 3D modelu. Cílem práce bude řešerše současného použití UV kamer v průmyslové praxi, návrh a realizace experimentálního zařízení, návrh a provedení experimentů, návrh a ověření nového využití v praxi a ověření možností detekce transparentních materiálů, především skla a stanovit okrajové podmínky pro použití v praxi.

Úkolem Vaší BP bude:

1. Provést řešerši současného využití UV kamer v průmyslové praxi, analýza trhu a současné nabídky UV kamer pro možné průmyslové nasazení.
2. Navrhnout laboratorní zařízení pro ověření možností UV kamer v průmyslové praxi, navrhnout a provést sérii experimentů. Provést sérii experimentů pro ověření možností detekce výrobků z transparentních materiálů, dosažené výsledky je třeba náležitě zpracovat a vyhodnotit.
3. Stanovit vybrané okrajové podmínky pro použití UV kamer v průmyslové praxi a vypracovat zhodnocení přínosů a nedostatků.

Rozsah grafických prací:

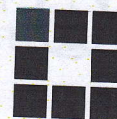
výkresová dokumentace

Rozsah pracovní zprávy:

30 – 40 stran textu

Forma zpracování práce:

tištěná/elektronická



Seznam odborné literatury:

- [1] HOTAŘ, V. *Úvod do problematiky strojového vidění, část 1, Základní principy a hardware*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015, 132 s.
- [2] HOTAŘ, V. *Úvod do problematiky strojového vidění, část 2, Základy zpracování obrazu*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015, 132 s.
- [3] SONKA, M., V. HLAVAC, R. BOYLE. *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*. Pacific Grove: Books/Cole Publishing Company, 1998, 770 s.
- [4] Podklady na internetu: text, obrázky, video

Vedoucí práce:

Ing. Vlastimil Hotař, Ph.D.
Katedra sklářských strojů a robotiky

Konzultant práce:

Ing. Ondřej Matúšek
Katedra sklářských strojů a robotiky

Datum zadání práce:

2. října 2018

Předpokládaný termín odevzdání:

2. dubna 2020

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan

V Liberci 2. října 2018



doc. Ing. František Novotný, CSc.
vedoucí katedry

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

23. 4. 2019

Pavel Rumml

Poděkování

Děkuji panu Ing. Vlastimilu Hotařovi Ph.D., za vedení a cenné rady a připomínky, které mi pomohly zpracovat tuto bakalářskou práci. Dále bych chtěl poděkovat svému kolegovi Marku Donátkovi, za pomoc při experimentech v laboratoři.

Anotace

V bakalářské práci se zabývám problematikou aplikace kamery pro blízké ultrafialové elektromagnetické záření v průmyslu. V práci je uvedeno co je ultrafialové záření a jaké má účinky, výběr výrobců kamer a komponent k nim. V práci je uveden také popis fungování snímačů v kameře. Poté jsou v práci uvedeny experimenty jak na různých typech kapalin, tak nejrůznějších předmětech. Další experimentální a následně konstrukční část je věnována návrhu zařízení pro detekci výrobků ze skla.

Klíčová slova

ultrafialové záření, sklo, kamera, obraz

Annotation

In the bachelor thesis I deal with the problem of camera application for close ultraviolet in industry. In the paper is shown what is ultraviolet radiation and what the effects, current number of camera manufacturers and components to them. This is accompanied by a description of the operation of the sensors in the camera. Then there are experiments on both different types of liquids and various subjects. Determination is how they absorb ultraviolet radiation.

Keywords

ultraviolet light, glass, camera, image

Obsah

Úvod	8
1 UV záření	9
1.1 Rozdělení	9
1.2 Oblast použití spektra	10
1.3 Škodlivost	11
1.4 Využití v průmyslu	12
2 UV kamery	13
2.1 Výrobci na trhu	15
2.2 Objektivy	16
2.3 Filtry	17
3 Schopnost kapalin a barevných skel pohlcovat UV záření	20
3.1 Výběr vhodného pozadí	20
3.2 Kapaliny	22
3.2.1 Voda	22
3.2.2 Olej	23
3.2.3 Promazávač WD-40	24
3.2.4 Čističe skel	25
3.3 Vazelína	26
3.4 Skleněné předměty	27
3.4.1 Zelená láhev	27
3.4.2 Hnědá láhev	27
3.4.3 Skleněné tyčinky	28
3.4.4 Skleněné tyče	29
3.5 Rozhraní sklíčka a okolí	30
3.6 Využití filtru BP 250 nm	35
4 Návrh experimentálního zařízení	36
4.1 Popis experimentu	36
4.2 Konstrukce experimentálního zařízení	37
5 Závěr	41
6 Seznam použité literatury	42
7 Seznam příloh	43

Úvod

Detekce pomocí průmyslových kamer se stále více používá v průmyslové praxi díky rozšiřujícím se možnostem získání a zpracování obrazu a snižující se celkové ceně systému. Výhodou je rychlost, přesnost a spolehlivost. Rozšiřování použití kamer je také dáno snižováním ceny, snadnějším připojením a programováním těchto zařízení. V dnešní době se nejčastěji používají v průmyslové praxi kamery pro viditelné spektrum elektromagnetického záření tzv. "scan" kamery, které sledují různé dění na linkách v provozu, dále termokamery, které sledují danou vhodnou teplotu různých procesů (např. slévárenství).

Kamery pro viditelné elektromagnetické záření (VIS) mají vlnové délky v rozmezí 380 až 750 nm. Užití blízkého infračerveného spektra (NIR, zhruba v rozmezí 750 až 1000 nm) se rozšiřuje pro své specifické výhody. Použití delších vlnových délek je především pro termografii – detekci teplotních polí.

Kamery pro detekci UV záření jsou používány jen sporadicky, přesto že mají své výhody. Využitím kamer pro UV záření se zabývá tato práce. V práci je posuzováno pro jaké vlnové délky UV záření je sklo stále ještě propustné a dále je studována problematika detekce znečištění pomocí UV kamer. Je prováděna série experimentů zejména na znečištění skla od mastných nebo běžně používaných produktů v praxi. Dále jsou zkoumány i různé skleněné předměty.

Cílem bylo vyzkoušet jak reagují různé kapalné látky na skle při svícení UV světlem v černém boxu. Dále je zkoumáno, jak při svícení UV světla je důležitá tloušťka skla a jeho barva, a také pro jaké vlnové délky je sklo ještě transparentní.

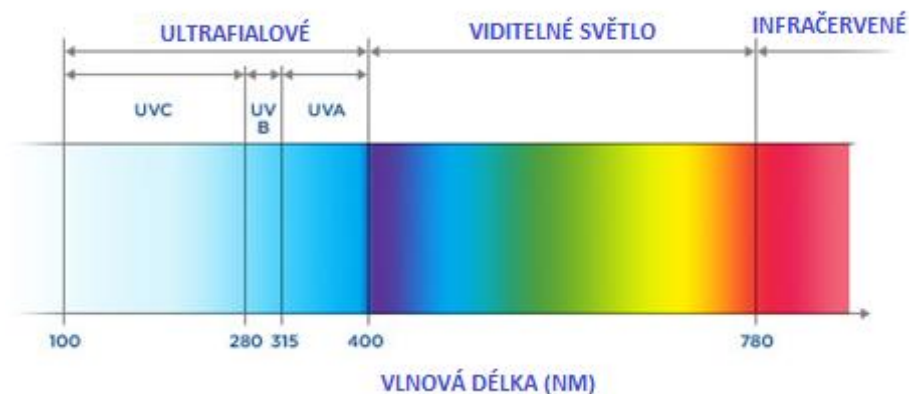
1 UV záření

Ultrafialové záření je elektromagnetické záření s vlnovou délkou 10-400 nm. Je kratší jak viditelné světlo (380 až 750 nm) ale delší jak rentgenové záření (pod 10 nm). Přírodním zdrojem UV záření je Slunce, ale produkují ho např. i elektrické oblouky. Existují i uměle vytvořené svítidly, které záměrně emitují UV světlo [3].

1.1 Rozdělení

Tabulka 1: Rozdělení ultrafialového záření [3]

Druh	Vlnová délka (nm)
UVA	315-400
UVB	280-315
UVC	100-280
Blízké ultrafialové záření	300-400
Střední ultrafialové záření	200-300
Daleké ultrafialové záření	122-200
Vakuové ultrafialové	10-200
Extrémní ultrafialové	10-121



Obrázek 1- Rozdělení spektra viditelného světla- Čočky [online]. [cit. 9.12.2018]. Dostupný na WWW: <http://www.cocky.cz/clanky/zdravi-a-kontakti-cocky/jak-pusobi-uv-zareni-na-vase-oci>

Poslední tři druhy záření (viz Tabulka 1) a UVC záření se dají zkoumat pouze ve vesmíru, jelikož neprojdou naší ozonovou vrstvou. Existují i uměle vytvořené zdroje těchto záření, ale jsou vysoce škodlivé pro člověka [3].

Jak se uvádí v [4] tak většina záření UVB je z většiny absorbováno ozónovou vrstvou, tudíž UV záření na Zemi je tvořeno především zářením typu UVA. Při delším působení může mít negativní důsledky na živé organismy [3].

Záření UVA (nebo také blízké ultrafialové záření) dopadá běžně na povrch země a dle [4] tvoří 90 až 99 % UV záření dopadajícího na povrch Země. Využití tohoto typu záření je v současné době předmětem výzkumu v laboratořích pomocí UV kamery. U tohoto záření nebyly zjištěny nežádoucí účinky [3]. Testována byla také možnost využití UV záření pro vlnové délky kolem 250 nm se slabým zdrojem tohoto záření.

1.2 Oblast použití spektra

Ultrafialové záření se používá v lékařství při léčbě kožních onemocnění, pro zjištění podlitin nebo při zvýšení obsahu vitamínu D. Dále se používá v solárních zařízeních pro rychlé opalování nebo při lákání hmyzu do pastí, který je na toto světlo velice citlivý. UV záření se používá také při zabránění padělání bankovek a obrazů. V nichž jsou schována fluorescenční barviva, která pod UV zářením emitují viditelné záření (obr. 2), více v kapitole 1.4 [3,4].



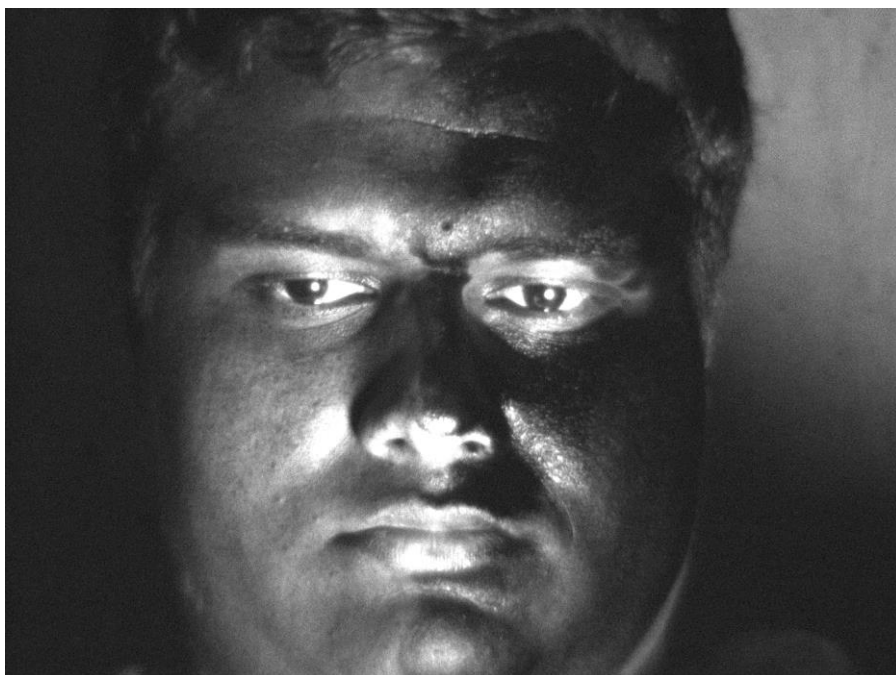
Obrázek 2 - Skrytý znak na 200Kč pod UV světlem

1.3 Škodlivost

Zdá se, že UV záření je jen negativní, najdou se ale i nějaké klady. Například zvyšuje hladinu melaninu v těle, což je známé jako opálení. Melanin absorbuje UVA i UVB záření a chrání tak před poškozením DNA. Dále je vysokým zdrojem vitamínu D, který je životně důležitý a reguluje v těle stálou hladinu vápníků a fosforu [3].

Vystavení se UVB záření může ale způsobovat spálení kůže a v některých případech i rakovinu kůže. V dnešní době přispívá rakovině kůže i záření UVA nepřímým poškozením DNA [3]. Lidské oko nemůže vnímat UV záření, protože čočka blokuje většinu záření v rozsahu 300-400 nm. Kratší vlnové délky jsou rohovkou zablokovány. Oko je nejvíce citlivé na poškození v dolním pásmu UVC [4].

Ochranou proti UV záření je ideální pokrývka hlavy, ochrana očí, zejména při přímém styku se Sluncem nebo elektrickým obloukem u svářečů. A dále se doporučuje chránit se opalovacím krémem [4].



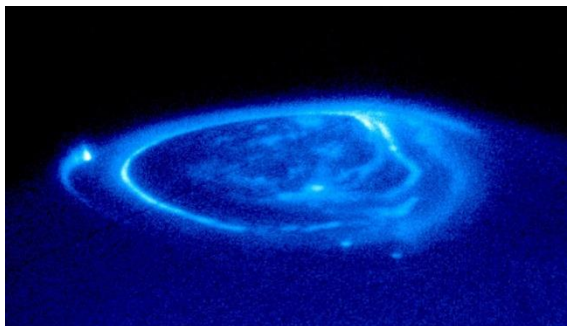
Obrázek 3 - Rozdíl portrétu pod UV světlem, při namazané půlce obličeje opalovacím krémem

1.4 Využití v průmyslu

Tabulka 2 : Použití dle vlnových délek UV spektra [3]

30-200 nm	fotonizace, spektroskopie
230-365 nm	sledování štítků s UV ochranou
230-400 nm	optické senzory
240-280 nm	dezinfekce
200-400 nm	detekce léků, forenzní analýza
270-360 nm	proteinová analýza
280-400 nm	lékařské zobrazování z buněk
300-320 nm	světelná terapie
300-365 nm	vytvrzování z polymerů
350-370 nm	past na hmyz (bug zappers)

CCD nebo CMOS APS snímače jsou citlivé také na UV záření, ale čočky blokují záření kratší jak 350nm. Některé fotoaparáty a kamery mají zabudované filtry přímo v sobě. Proto při focení pod tuto hranici používáme speciální křemenné čočky, které na rozdíl od normálních čoček blokují záření až na kratších vlnových délkách [3], uváděno je do 180 nm [14]. V astronomii se využívá k rozlišování chemického složení mezihvězdného média, teploty a složení hvězd. Většina UV pozorování je prováděna z vesmíru, jelikož většina UV frekvencí je blokována ozonovou vrstvou [3].



Obrázek 4 - Polární záře na Jupiteru v UV spektru - Wikipedia [online]. [cit. 9.12.2018]. Dostupný na WWW: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>

Detektory ultrafialového záření pomáhají při detekci zapálení (požární hlásiče), a jsou schopny detekovat během 3-4 milisekund, ale počítá se časové zpoždění 2-3 sekundy, aby se zamezilo falešným poplachům jako například blesk. Pracují s vlnovou délkou kratší jak

300 nm aby se zamezilo účinkům přirozeného záření. Existují také UV / IR detektory, které detekují plamen porovnáním signálu obou rozsahů [3].

Při čištění vzduchu se používá záření UVC, látky jsou výhradně organické tudíž se při vystavení intenzivního UV záření při 240-280 nm rozpadají. UV záření také redukuje množství oxidu uhličitého v ovzduší (pouze nízké koncentrace) [3].

Dezinfekce pro čištění odpadních vod pomocí ultrafialového záření v dnešní době nahrazuje chloraci. Tím se zvyšuje uplatnění v komunální úpravě pitné vody, UV záření hubí organismy ve vodě [3].

UV zářením se zjišťují povrchové vady například v oceli, na materiál se nalije fluorescenční kapalina, která právě pod UV září, kapalina se setře a jestliže je někde vada, kapalina v ní zůstane a pod UV světlem září [3].

Velmi zajímaví jsou škorpióni, kteří pod UV světlem svítí žlutou až zelenožlutou barvou. Což se využívá k rozeznávání těchto zvířat [3].



Obrázek 5 - Škorpión pod UV lampou-TERMINIX [online]. [cit. 9.12.2018]. Dostupný na WWW: <https://www.terminix.com/blog/bug-facts/why-do-scorpions-glow-under-ultraviolet-light/>

2 UV kamery

CCD snímače

Jedná se o posuvný registr vystavený působení světla. Využívají fotoelektrického jevu. Dopadající fotony excitují ve snímací buňce určité množství elektronů. U CCD snímačů je elektroda od polovodiče izolována tenkou vrstvou oxidu křemičitého, který se chová jako dokonalý elektrický izolant, tím nemůžou být uvolněné elektrony odvedeny pryč. Každý snímač je složen z velkého množství samostatných polovodičových miniaturních buněk zaznamenávajících světlo samostatně [1].

Činnost CCD snímače se skládá z 3 fází (podle [1]):

1. Příprava CCD - jsou odebrány volné elektrony, smazán zbytek předchozího obrazu.
2. Expozice obrazu - na elektrody se přivede kladné napětí. Fotony mají dostatek energie k uvolnění elektronů. Excitované elektrony jsou přitahovány ke kladně nabitým elektrodám. Vzniklé díry jsou přitahovány záporně nabitými elektrodami na spodku CCD.
3. Snímání obrazu - vedle elektrod (1) na které je přivedeno kladné napětí jsou další dvě elektrody (2,3), kdy ta s kladným nábojem je umístěna mezi ně. Na elektrody se začne přivádět trojfázový hodinový signál. Na elektrodách (2) se začne pomalu zvyšovat napětí mezitím co na (1) se souběžně snižuje. Pak je stejný děj mezi 2-3 a 3-1.

Shluky elektronů z jednotlivých pixelů se tak posouvají přes sousední pixely směrem k výstupnímu zesilovači. Ten zesílí napětí na úroveň vhodnou pro další zpracování obrazu.

Následuje A/D převodník jež transformuje analogový signál na digitální.

CMOS APS

Také využívají fotoefektu a jejich konstrukce je v tomto ohledu podobná CCD snímačům, ale na rozdíl od nich je buňka přímo čtena. Každá buňka čipu má vlastní zesilovač a může být díky tomu přímo adresována a čtena pomocí X, Y souřadnic. To zrychluje čtení obrazového záznamu a snižuje spotřebu energie [1].

Tabulka 3: Porovnání CCD a CMOS [1].

Parametr	CCD	CMOS APS
Signál vystupující z pixelu	Paket elektronů	Napětí
Signál vystupující z čipu	Napětí (analogový signál)	Bity (digitální signál)
Rychlost	Nízká, sekvenční čtení	Vysoká, maticově adresované čtení
Citlivost	Velmi dobrá, lze dosáhnout kvalitního obrazu, lepší barevná věrnost snímků	Za snížených světelných podmínek může být problém dosáhnout kvalitního zobrazení, horší rozlišení
Dynamický rozsah	Vysoký	Průměrný
Šum	Malý, velká kvalita obrazu	Je větší s ohledem na nižší fill factor a z toho vyplývající potřebu mikročoček.
Odběr energie	Odebírá více (50x více)	Relativně malý
Složitost čipu a náklady na vývoj	Menší	Velké
Složitost systému	Velká, mnoho obvodů je mimo čip	Menší, většina obvodů je přímo na čipu
Cena	Vysoká, jedná se o specializovanou technologii	Levnější, využíváno standardní výroba logických obvodů

2.1 Výrobci na trhu

JAI

UV kamery JAI konstrukčně i softwarově vycházejí ze standardních modelů kamer. Díky speciálně upraveným čipům je možné zobrazení i mimo viditelné spektrum v ultrafialové oblasti (vlnové délky kratší než 400 nm) [5]. Na stránkách výrobce je uváděno 200 až 900 nm (při detekci min. 10 % popadajícího záření v dané vlnové délce), [15].

Použitá kamera CM-140GE-UV:

Senzor: Sony ICX407BLA

Velikost: 1/2"

Rozlišení: 1392 x 1040 px

Frekvence: 16 fps



Obrázek 6 - Kamera JAI CM-140GE-UV- Průmyslové kamery [online]. [cit. 9.12.2018]. Dostupný na WWW: https://www.prumyslove-kamery.cz/o-produktech/digitalni-a-analogove-kamery-jai/plosne-_maticove_-kamery/uv-kamery

Sony

Součástí rozsáhlé řady kamer strojového vidění společnosti Sony je nová kamera XC-EU50 1/2", která je blízka ultrafialovému citlivému záření až do vlnové délky 300 nm s maximem kolem 369 nm s rozlišením 768 x 494 px. Je účinná při zachycování detailů povrchu různých druhů materiálů. Díky ultrafialovému osvětlení jsou touto kamerou jasně zachyceny malé škrábance, prach nebo škody, které jsou obtížně viditelné lidským okem nebo tradičními kamerami [6].



Obrázek 7 - Kamera Sony XC-EU50 1/2" - Expandore [online]. [cit. 9.12.2018]. Dostupný na WWW: <https://www.expandore.sg/product/sony-xceu50-uv-sensitive-camera/>

Hamamatsu

Příkladem kamery s vysokým rozlišením (1024 x 1024 px) může být také Hamamatsu C11090-22B. Toto zpětně osvětlené CCD nabízí velmi vysokou kvantovou účinnost ve spektru od 200 nm do 1100 nm. Digitalizace duálních režimů nabízí softwarový volitelný výběr rychlosti nebo velmi nízké hodnoty čtení s 12 až 16 bitovou přesností [7].

2.2 Objektivy

Úkolem objektivu v kameře je promítnout světelné záření na snímač. Objektiv může tvořit jedna čočka nebo celá soustava, která soustředí obraz na snímač a pomocí kolečka na objektivu lze zaostřit. V objektivěch bývá zabudovaná mechanická clona, která umožňuje regulovat množství světla, které prochází objektivem [1].

Hlavním parametrem objektivu je ohnisková vzdálenost, která určuje pro danou velikost čipu úhel záběru.

Objektivy lze rozdělit do 3 základních skupin:

Normální objektiv - úhel záběru je asi 50°, což je asi stejně jako úhel vnímání lidského oka.

Širokoúhlý objektiv - ohnisková vzdálenost je kratší, snímek má tím pádem širší záběr.

Teleobjektiv - jejich zorný úhel je užší, umožňuje vyplnit celý snímek i vzdáleným předmětem [1].

Volba objektivu je určena úlohou, kterou máme řešit. Kvalita objektivů se odráží především v těchto základních parametrech:

- světelnost objektivu,
- geometrické zkreslení objektivu,
- míra poklesu kontrastu od středu k okrajům zorného pole,
- chromatická vada.

Světelnost objektivu je číslo, které určuje, kolik světla propustí objektiv do kamery při plně otevřené cloně [1].

2.3 Filtry

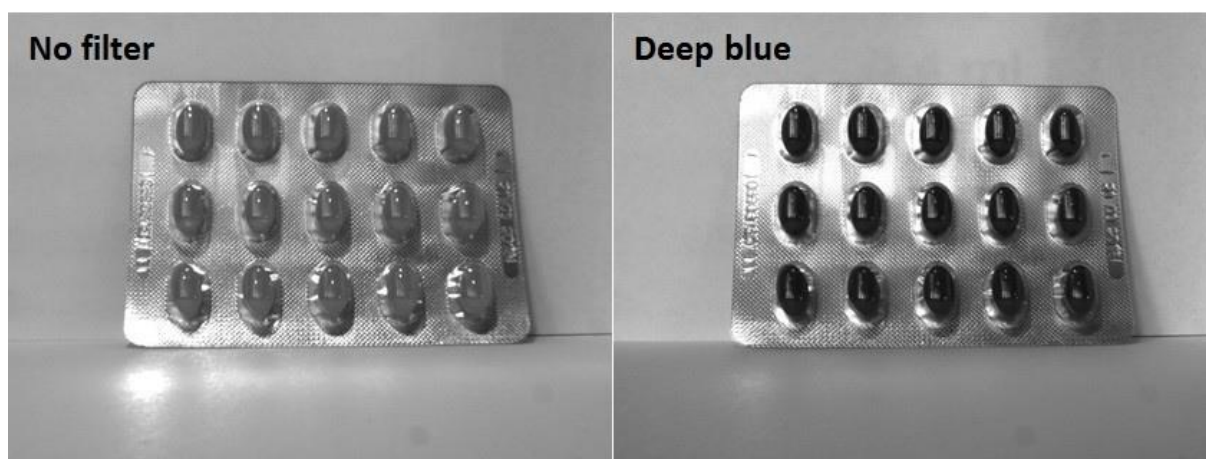
1. UV CUT filtr

UV CUT filtr propouští viditelné světlo a UV záření eliminuje (stejně jako sluneční brýle nebo opalovací krém). Blokuje UV záření zhruba do 400 nm a velmi dobře dokáže posloužit jako mechanická clona proti nechtěnému poškození objektivu. Současné průmyslové kamery mají většinou UV CUT filtr od výrobce (chrání samotný snímač), [11,12].

2. Band-pass filtry

Pásmové filtry propouštějí vlnové délky definovaného rozsahu, a blokují všechny ostatní. Tloušťka pásových filtrů je omezena na minimum. Tenká vrstva, kterou je filtr pokryt, určuje optické vlastnosti filtru a rozsah propouštěných vlnových délek. Spektrální charakteristiky filtrů závisí na úhlu dopadu. Pásmové filtry jsou většinou k dispozici v rozsahu od 465 nm do 865 nm – obecně mohou mít různé pásma, používáme je i u UV kamery. Výborně omezují vliv okolního světla a zvětšují kontrast černobílého snímku [13].

Barevné filtry jsou obdobou band-pass filtrů, ale dnes jsou již plně nahrazeny možnostmi zpracování obrazu v počítači. Výjimkou jsou situace, kdy je jedna barevná složka (např. červená) v jasné převaze, což v průmyslové praxi lze navodit vhodným osvětlením. Pak fyzický barevný (band pass) filtr smysl má a je v průmyslové praxi využitelný [11].



Obrázek 8 - Léky bez filtru vlevo, s modrým pásmovým filtrem vpravo Wikipedia [online]. [cit. 12.9.2018]. Dostupný na WWW: <https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>

3. LONG PASS filtry

Propouštějí delší vlnové délky, než je definovaná hraniční vlnová délka. Omezují propustnost pouze na dlouhé vzdálenosti, „odstraňují“ potisk a zlepšují kontrast. Využití mají v nočním vidění, laserových aplikacích nebo strojovém vidění ve výrobním průmyslu [13].

4. SHORT PASS filtry

Propouštějí kratší vlnové délky, než je definovaná hraniční vlnová délka. Omezují propustnost pouze na krátké vzdálenosti, eliminují okolí a zvyšují kontrast. Využívají se v automobilovém průmyslu, fluorescenci nebo u třídění a kontrole potravin [13]. Často se lze v průmyslové práci setkat s využitím infračerveného LONG PASS filtru, který eliminuje viditelné světlo a propouští pouze infračervenou část spektra (vyšší vlnové délky). Běžné CCD a CMOS snímače ze svého fyzikálního principu umožňují snímat, oproti lidským okem viditelnému záření, nižší vlnové délky (zhruba od 300 nm) a vyšší vlnové délky (zhruba do 1000 nm). Využití tohoto faktu není automatické, protože digitální fotoaparáty i průmyslové kamery obsahují soustavu filtrů (včetně UV a IR). Jedná se o filtry IR CUT a UV CUT, které blokují vyšší vlnové délky (IR) a nižší (UV)[11].

5. Polarizační filtr

Polarizační filtr principiálně eliminuje nežádoucí odlesky, využití najde například v krajinářské fotografii - prokresluje scénu, ztmaví modré nebe, vyčistí barvy. Fotografie jsou kontrastnější, barevně sytější, „čistší“. Polarizační efekt je nejvýraznější v bočním světle [11].

Naopak v protisvětle nebo se sluncem v zádech je efekt v podstatě nulový (stejně tak, máme-li zataženou oblohu). Využití nalezne polarizační filtr také v produktové fotografii, díky své unikátní vlastnosti eliminace odlesků (od většiny povrchů jako: voda, sklo i drobné částičky v atmosféře), podobně tomu je i v průmyslovém využití. Výjimku tvoří kovové lesklé povrchy, jejichž odlesk eliminuje polarizační filtr jen částečně. Využití nachází polarizační filtry při detekci napětí ve skle, pomocí polarizačních přístrojů [11].

Rozeznáváme dva typy filtrů - **lineární a cirkulární**.

Lineární polarizační filtr má propouštět světlo jen v jedné rovině. Výsledkem jsou sytější barvy, zejména v bočním světle. Filtr také obsahuje **UV-funkci** [11,12].

Cirkulární filtr působí jako lineární, ale navíc uvádí světlo do kmitavého otáčivého pohybu, zabraňuje tím chybné expozici u kamer, kde je systém polarizován [11,12].

6. Neutrální (šedé) filtry

Neutrální, šedé ND filtry snižují množství světla procházejícího skrze objektiv. Ubírají světlo rovnoměrně v celé své sledovaném spektru elektromagnetického záření a simulují tím vyšší clonová čísla (na hloubku ostrosti ND filtry nemají žádný vliv). V zásadě se používají, potřebujeme-li co nejvíc prodloužit čas. Typickou situací je fotografování tekoucí vody za jasného slunného dne. ND filtry se označují číslem / faktorem propustnosti světla: ND 2 (=50%), ND 4 (=25%), ND 8 (=12,5%) [11].

7. Přechodové filtry

Variace ND filtrů, kde ztmavení neprobíhá celoplošně ale pouze lokálně. Použití v krajinářské fotografii (ztmavení oblohy) u silně kontrastních scén. Přechodový filtr kombinuje přechod od zbarveného (neutrálně-šedého) povrchu až po zcela čirou část. Je rozdělen (čirá / ztmavená část) na poloviny nebo třetiny. Ona "ztmavená" oblast je opět označována (jako u ND filtrů) faktorem ztmavení (ND 2, 4, 8). Stejně jako polarizační, jsou i přechodové filtry v otočné obroučce, kvůli možnosti libovolného natočení [11].

3 Schopnost kapalin a barevných skel pohlcovat UV záření

V této praktické části práce byly v rámci výzkumu sledovány možnosti využití UV kamer pro UVA záření a částečně UVB záření, bylo provedeno několik experimentů na katedře sklářských strojů a robotiky. Pro testování byly použity tyto komponenty:

UV kamera: JAI, CM-140GE-UV

UV objektivy: 78MM F/3.8 UV LENS W/C-MOUNT & T-MOUNT

25MM F/2.8 UV LENS W/C-MOUNT (FIXED APERTURE)

UV filtry: BP365-49 Bandpassfilter

BP365-25.5 Bandpassfilter

BP324-49 Bandpassfilter

BP324-25.5 Bandpassfilter

BP250-25.5 Bandpassfilter

Pro testování byly použity především pásmové filtry 365 nm a 250 nm

Osvětlení: UV reflektor eurolite, 25 W, spot, 365 nm

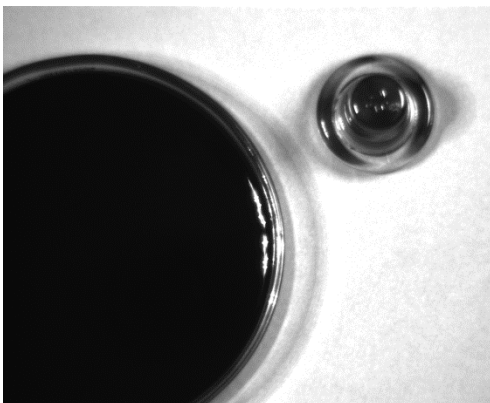
UV zářivka s kovovým tělesem, 45 cm , 365 nm

UV prstenec 0-10V, 365 nm

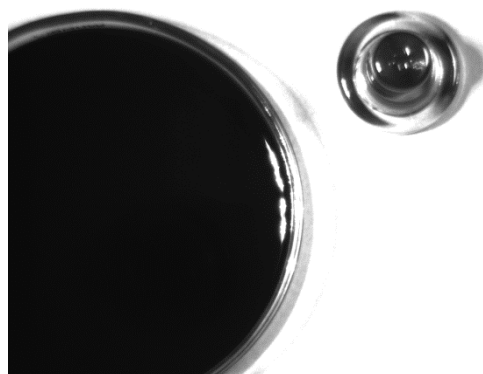
UV zářič pro detekci cínové strany plaveného skla, 254 nm

3.1 Výběr vhodného pozadí

V první části experimentů byl použit jako podklad na focení obyčejný kancelářský papír. Později když bylo doručeno prstencové světlo, které se dá nastavit od 0-10V, tak při vyšších hodnotách napětí papír „světélkuje“.



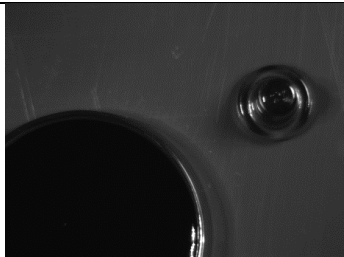
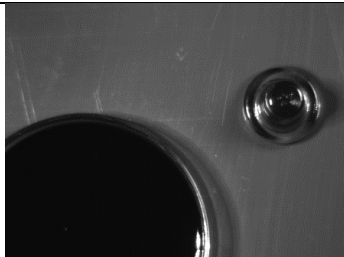
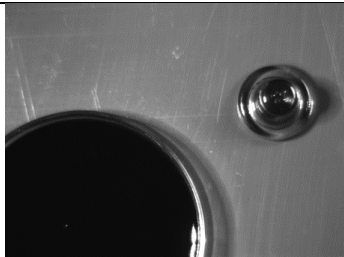
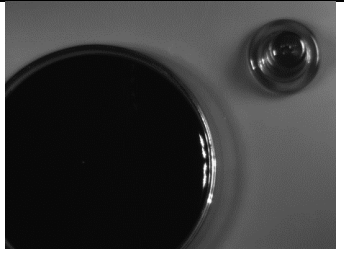
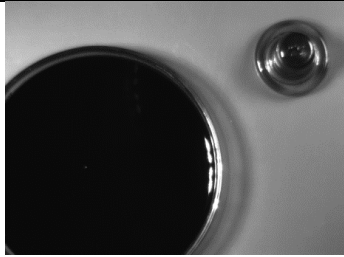
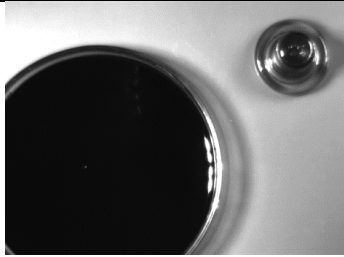
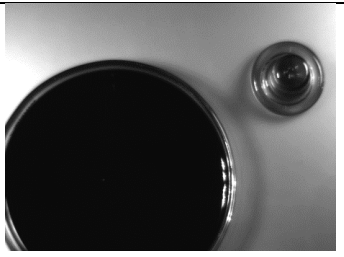
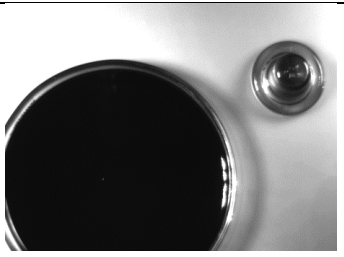
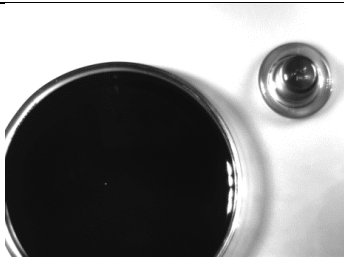
Obrázek 9 - Podklad papír při 4V



Obrázek 10 - Podklad papír při 8V

Proto jsme zkoušeli nové materiály. Postupně plexisklo, na kterém bylo vidět jak je poškozené. Proto bylo na něj položené ještě matované sklo. Zkoušeli jsme nastavovat nejdříve 2V, poté 4V a nakonec 8V. Papír nebyl měřen při 8V, jelikož už při 4V byl vysoce bílý a vytvářel fluorescenci.

Tabulka 4 : Porovnání podkladných materiálů v závislosti na intenzitě UV světla

	2V	4V	8V
Plexisklo			
Plexisklo - matné sklo			
Zrcadlo - matné sklo			

Jak vidíme, tak nejvíc vyhovuje plexisklo překryté matným sklem. Plexisklo samo o sobě by bylo taky vyhovující, mít vhodný kus, který by nebyl jakkoliv poškozen. Zároveň je vidět jak je plexisklo poničeno, poškrábáno, což na první pohled v bílém denním světle není vidět, zde je patrná možnost využití UV kamery pro detekci tohoto typu poškození. Zrcadlo s matným sklem také není špatné, ale při vyšším napětí zrcadlo dost odráží a chová se jako papír.

Jako testující předměty byl použit skleněný špunt barvy růžové a skleněná petriho miska s olejem.

3.2 Kapaliny

Úvodní experimenty s UV kamerou byly zaměřeny na ověření možností UV kamer v průmyslové praxi a zaměřily se na detekci kapalin v petriho misce. Použit byl Band-pass UV filtr BP365-25.5 .

3.2.1 Voda

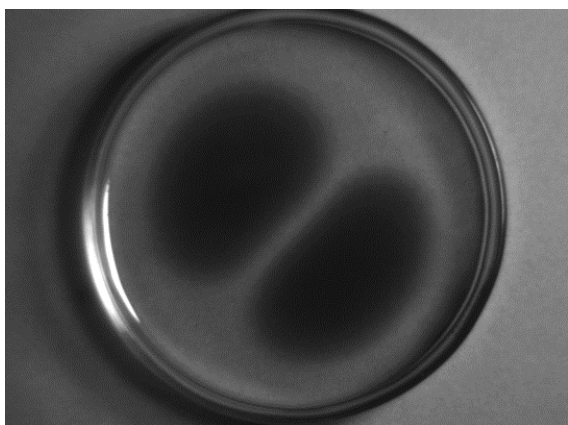


Obrázek 11 - Miska s 30ml vody



Obrázek 12 - Miska s 30ml vody pod UV světlem

U tohoto experimentu je zkoumáno, jak čistá voda pohlcuje UV záření. Je možné, že u našeho použitého množství vody (30ml) není zcela evidentní, jak voda pohlcuje světlo. Pro úplné prověření by bylo nejspíše potřeba aspoň pár litrů vody nebo detekovat nižší vlnové délky UV záření. U dalšího experimentu jsme do oněch 30ml vody, kapátkem 2x kápily motorový olej. Tímto se nám vytvořilo krásné rozhraní, kde vidíme pod normální kamerou, jak olej pod UV světlem svítí (fluorescence) a ukazuje, kde všude ve vodě pronikl, naopak pod UV kamerou nám olej ztmavl. Na Obrázku 13 vidíme, kapku oleje smíchanou s vodou, jak vytváří krásné rozhraní mezi sebou.



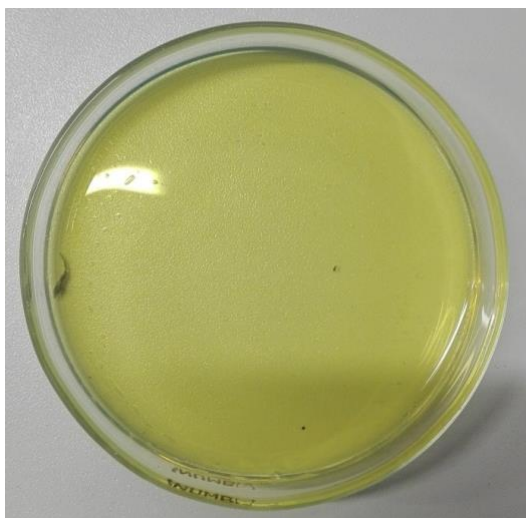
Obrázek 13 – Rozhraní voda/olej pod UV



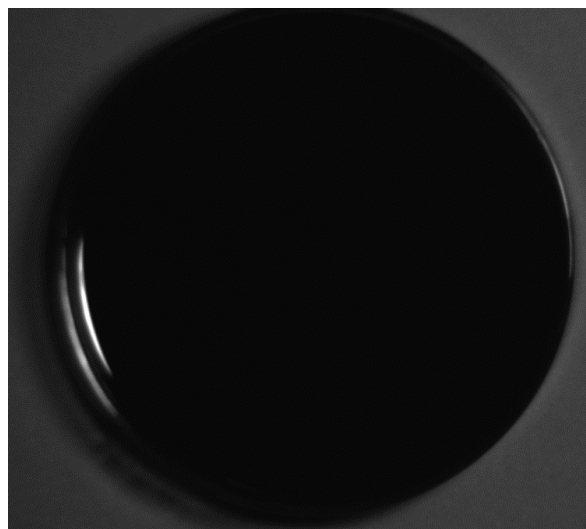
Obrázek 14 – Rozhraní voda/olej

3.2.2 Olej

Při dalším experimentu byl použit motorový olej značky Mogul. Opět bylo použito 30ml. Jak je vidět na obrázku 15, olej pod UV světlem úplně ztmavl, tudíž UV pohlcuje.



Obrázek 16 - Miska s 30ml motorového oleje



Obrázek 15 - Miska s 30ml motorového oleje pod UV kamerou



Obrázek 17 - Podsvícení kapky oleje na sklíčku

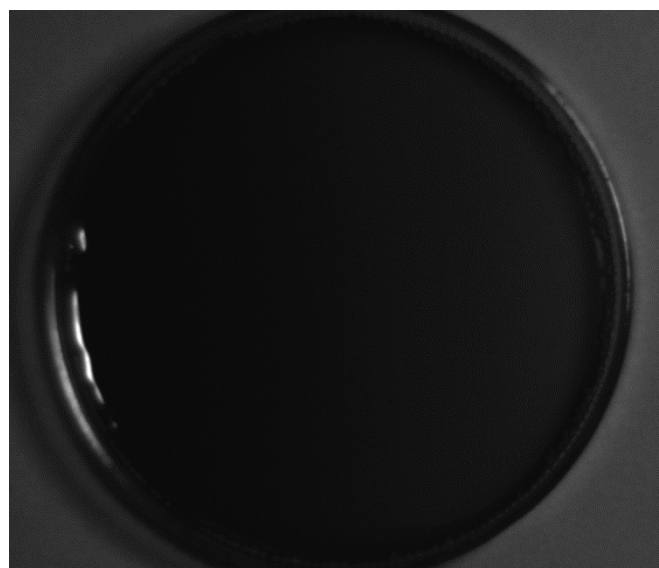
Zde vidíme jak na pravé straně podsvícení sklíčka v místě, kde se nachází olej, vidíme velké pohlcování ultrafialového světla.

3.2.3 Promazávač WD-40

Na další experiment bylo použito mazivo WD-40, které jsme opět nalili do misky v objemu 30 ml. A jak vidíme pod UV kamerou, tak nám mazivo zčernalo. Dalo by se říct, že každý mastný produkt pohlcuje UV záření.



Obrázek 18 - Miska s 30ml WD-40



Obrázek 19 - Miska s 30ml WD-40 pod UV kamerou

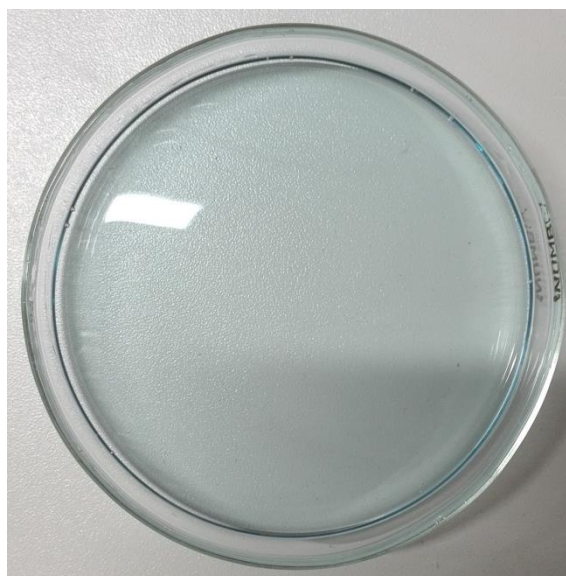


Obrázek 20 - Použité mazivo WD-40

3.2.4 Čističe skel



Obrázek 21 - Miska s 30ml čističe IRON

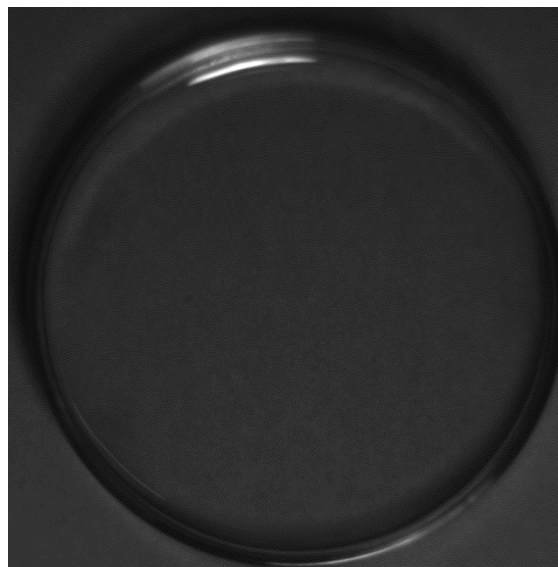


Obrázek 22 - Miska s 30ml čističe CLIN

Zkoušeli jsme i obyčejné čističe na skla (CLIN,IRON), nejprve jsme zkusili, jestli bude vidět pod UV světlem, že světlo bylo vyleštěno těmito přípravky oproti nečistému sklíčku, nebylo nic vidět. Poté jsme tušili, že nebude asi nějaký rozdíl, když v misce bude 30ml těchto čističů a propustí úplně vše.



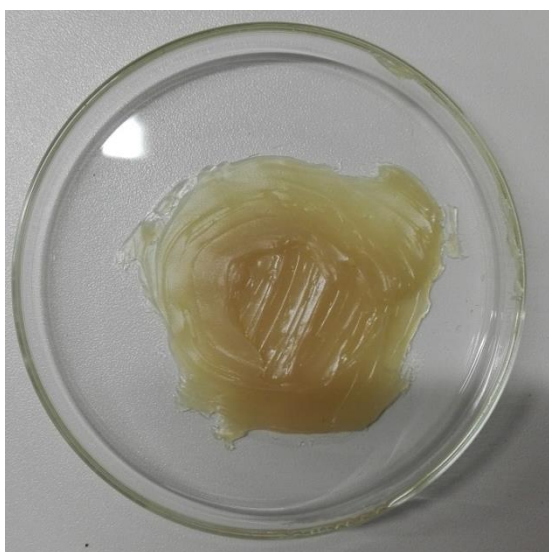
Obrázek 23 - Miska s 30ml čističe IRON pod UV kamerou



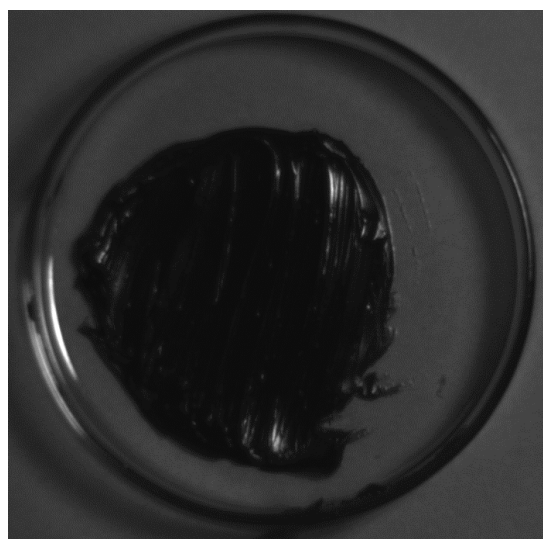
Obrázek 24 - Miska s 30ml čističe CLIN pod UV lampou

Zde je vidět, že čističe opravdu propouští skoro veškeré UV záření.

3.3 Vazelína



Obrázek 25 - Miska s vazelínou



Obrázek 26 - Miska s vazelínou pod UV kamerou

Tento experiment by reálné využití v praxi nejspíše neměl, ale i přes to jsme experiment zkusili. Jak je vidět pod UV kamerou tak vazelína nám opět úplně zčernala a tudíž nic nepropouští. Bylo by asi fatální používat vazelínu různě na skla a podobně skleněné výrobky, jelikož je těžko odstranitelná. Zašpinění vazelínou je v praxi nežádoucí u výrobních postupů, můžou výrazně znehodnotit polotovary nebo výrobky a zde je využití UV kamery zřetelné.

3.4 Skleněné předměty

3.4.1 Zelená láhev



Obrázek 27- Zelená láhev



Obrázek 28 - Zelená láhev pod UV kamerou

Klasická skleněná zelená láhev propouští, jak vidíme víc světla tam kde je jen sklo. Na Obrázku 28 je vidět, že uprostřed kde světlo prochází přes dvě stěny, je pohlcení větší než v okolí.

3.4.2 Hnědá láhev



Obrázek 29 - Hnědá láhev



Obrázek 30 - Hnědá láhev pod UV kamerou

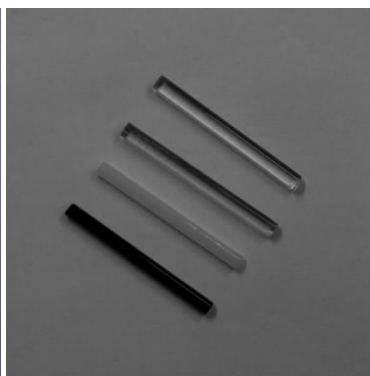
U této láhve by se různé ušpinění povrchu od oleje a podobných mastných produktů zjišťovalo velmi těžko, jelikož tato láhev pohlcuje úplně všechno UV světlo až je vidět skoro čirý odraz lampy.

Experiment prokázal, že barvení lahví ve hmotě na hnědo a zeleno skutečně pohlcuje UV záření, které má negativní vliv na zkracování životnosti potravin.

3.4.3 Skleněné tyčinky



Obrázek 31 - Skleněné tyčinky



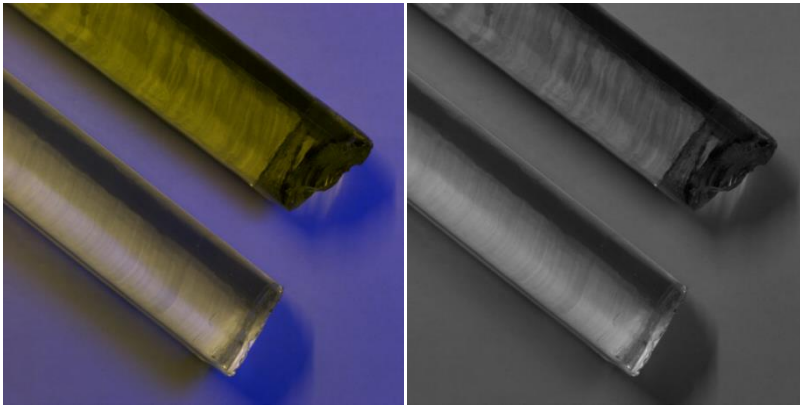
Obrázek 32 - Skleněné tyčinky ve stupni šedi

U těchto skleněných tyčinek je vidět, že s první černou se nic neděje ani s čistě bílým sklem. Zbývající dvě barevná průhledná skla (zelené, růžové), tak vidíme, jak zelená pod UV světlem ztmavla oproti růžovému sklu.



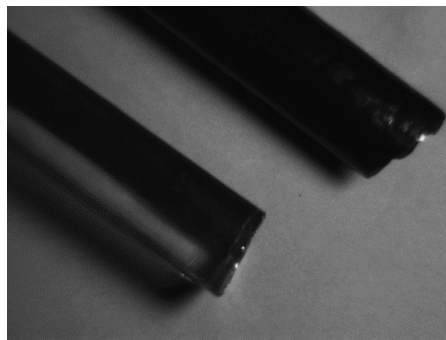
Obrázek 33 – Skleněné tyčinky pod UV kamerou

3.4.4 Skleněné tyče



Obrázek 34 - Skleněné tyče

Obrázek 35 - Skleněné tyče ve stupni šedi



Obrázek 36 - Skleněné tyče pod UV kamerou

U tohoto pokusu při nasvícení tlustých skleněných tyčí je vidět, že žlutá tyč úplně ztmavne, tudíž nepropouští UV záření. Čirá skleněná tyč propouští trochu, neztmavne úplně a vytváří odlesk lampy. Žlutá mačkárenská tyč je barvena koloidním barvivem v tomto případě zlatem. Lze se domnívat, že tyto barviva zajišťují pohlcení UV záření.

3.5 Rozhraní sklíčka a okolí

Dalším experiment, který jsme prováděli, bylo, že jsme vzali klasická laboratorní sklíčka o tloušťce 1-1,15mm. Tato sklíčka jsme postupně fotili od 1 až po 6 na sobě a zkoušeli jsme jejich rozhraní s okolím pomocí programu Corel PHOTO-PAINT X6. Bylo provedeno prahování což je převedení na binární snímek, pro zvolenou hodnotu stupně šedi 127 byla provedena transformace, kdy pixely s nižší hodnotou byly převedeny na 0 (černá barva) a s vyšší hodnotou na 1 (bílá barva). Použit Band-pass UV filtr BP365-25.5.

a) 1 sklíčko



Obrázek 37 - 1 sklíčko UV kamera



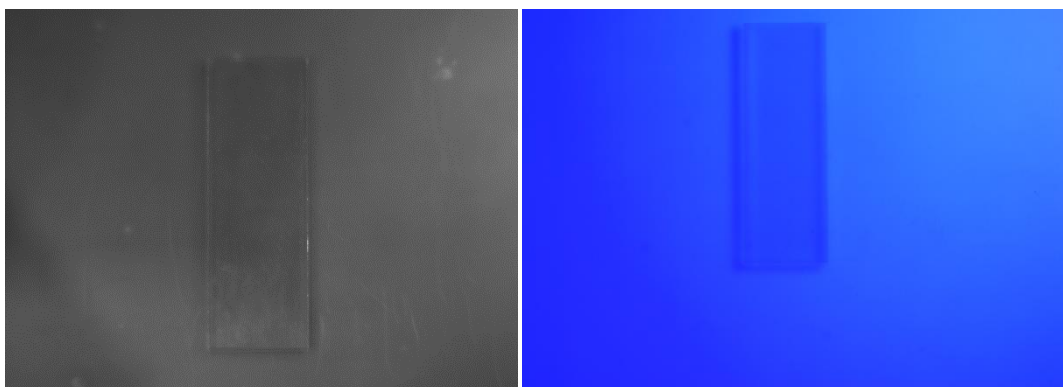
Obrázek 38 - 1 sklíčko barevná kamera

Tabulka 5 : Porovnání rozhraní u 1 sklíčka

	Rozhraní v programu Corel PHOTO-PAINT	Zkoumaný výřez
UV kamera		
barevná kamera SICK		

U pokusu s jedním laboratorním sklíčkem vidíme, že rozhraní je krásně patrné a jsou u obou kamer vidět i místa kde světlo prosvítí sklo a je stejné jako okolí.

b) 2 sklíčka



Obrázek 39 - 2 sklíčka pod UV kamerou

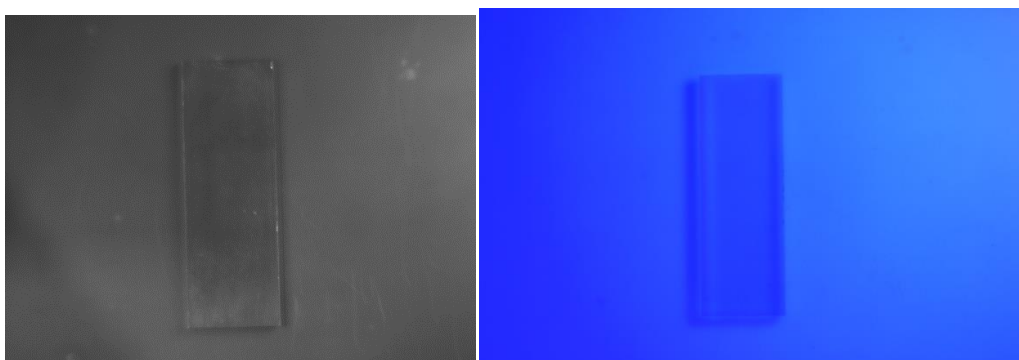
Obrázek 40 - 2 sklíčka barevná kamera

Tabulka 6 : Porovnání rozhraní u 2 sklíček

	Rozhraní v programu Corel PHOTO-PAINT	Zkoumaný výřez
UV kamera		
barevná kamera SICK		

U normální kamery už nemáme žádnou propustnost UV světla. U výřezu z UV kamery vidíme nalevo odlesk, ten nám v rozhraní zbělal.


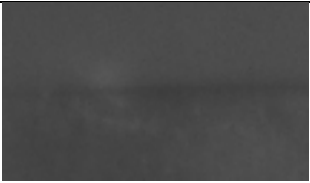


c) 3 sklíčka



Obrázek 41 - 3 sklíčka pod UV kamerou

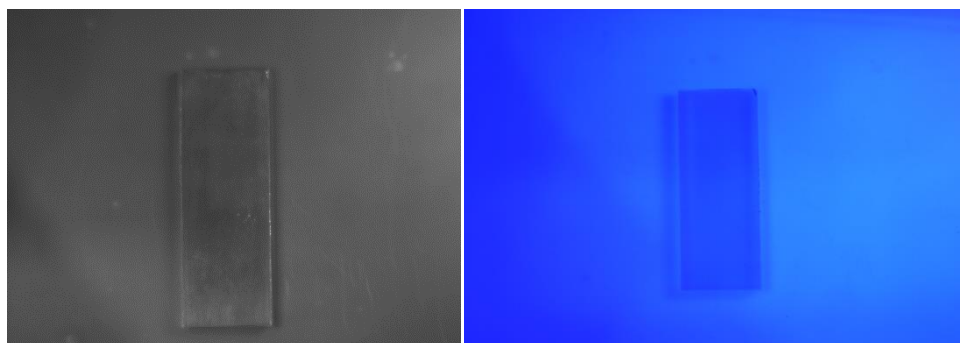
Obrázek 42 - 3 sklíčka pod barevnou kamerou

Tabulka 7 : Porovnání rozhraní u 3 sklíček

	Rozhraní v programu Corel PHOTO-PAINT	Zkoumaný výřez
UV kamera		
barevná kamera SICK		

U pokusu se třemi sklíčky je výsledek pod normální kamerou bez změny oproti minulému. Za to u UV kamery vidíme, že rozhraní je vidět už méně. Způsobeno je to různými odlesky a odrazy sklíček na sobě.

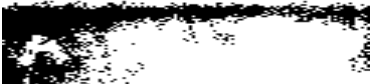



d) 4 sklíčka



Obrázek 43 - 4 sklíčka pod UV kamerou

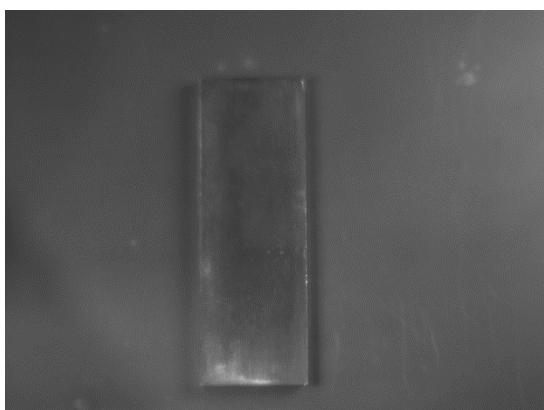
Obrázek 44 - 4 sklíčka pod barevnou kamerou

Tabulka 8 : Porovnání rozhraní 4 sklíček

	Rozhraní v programu Corel PHOTO-PAINT	Zkoumaný výřez
UV kamera		
barevná kamera SICK		

Při experimentu se čtyřmi sklíčky je vidět, že odlesky se stupňují. Odlesky jsou vidět i na zkoumaném výřezu pod UV kamerou.

e) 5 sklíček







Obrázek 45 - 5 sklíček pod UV kamerou



Obrázek 46 - 5 sklíček pod barevnou kamerou

Tabulka 9 : Porovnání rozhraní 4 sklíček

	Rozhraní v programu Corel PHOTO-PAINT	Zkoumaný výřez
UV kamera		
barevná kamera SICK		

Opět vidíme stupňování odlesků, které jsou dobře vidět na Obrázku 43.

f) 6 sklíček




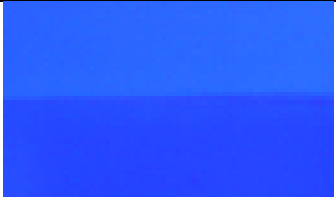


Obrázek 47 - 6 sklíček pod UV kamerou



Obrázek 48 - 6 sklíček pod barevnou kamerou

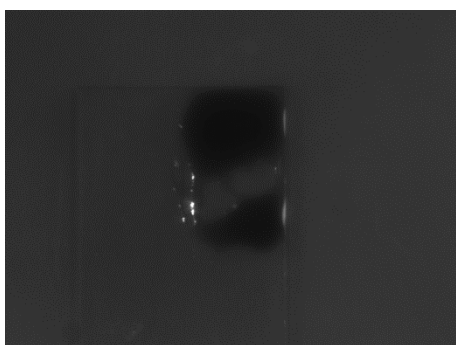
Tabulka 10 : Porovnání rozhraní 4 sklíček

	Rozhraní v programu Corel PHOTO-PAINT	Zkoumaný výřez
UV kamera		
barevná kamera SICK		

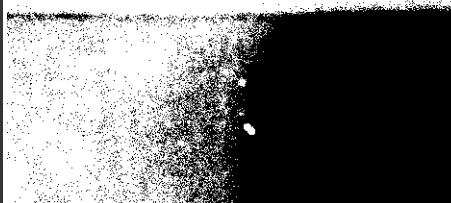
Zde si už můžeme všimnout, že rozhraní u UV kamery je vpravo viditelně nerozlišené, což lze spatřit i na normálním výřezu z UV kamery. Tam vidíme jak je pravá strana výrazně světlejší než levá, jsou zde krásně viditelné odlesky, které kazí viditelnost rozhraní.

g) trojité rozhraní

U tohoto experimentu bylo použito opět jen jedno sklíčko, a na jeho pravou půlku byl nanesen motorový olej. A vidíme, jak olej krásně ztmavnul a nic nepropustí a ještě je celé rozhraní krásně vidět.

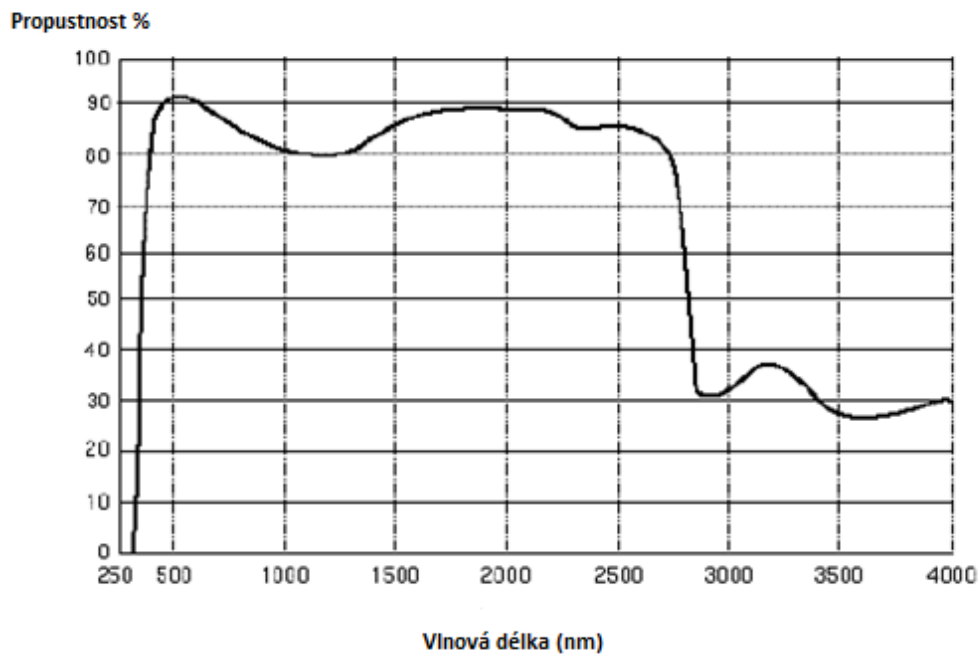


Obrázek 49 - Sklíčko s naneseným olejem



Obrázek 50 - Rozhraní sklíčko/okolí/olej

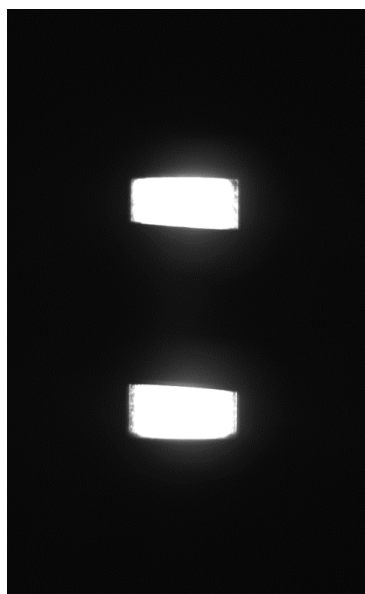
Z výsledků je zřejmé, že UV kamera s filtrem BP365 není využitelná pro detekci skla. Rozsah pro blízké UV záření okolo 365 nm je ještě stále v oblasti, kdy je sklo pro tyto vlnové délky propustné (Obrázek 49). Použití je především v oblasti pro detekci zašpinění a to nejen skla. Dále pro detekci poškození, především na bílých površích.



Obrázek 51 - Spektrální propustnost běžného skla - UQGOPTICS [online]. [cit. 9.12.2018]. Dostupný na WWW: https://www.uqgoptics.com/materials_commercial_sodalime.aspx

3.6 Využití filtru BP 250 nm

Z předchozích výsledků bylo zřejmé, že je potřeba použít filtr pro nižší vlnové délky. V tomto případě byl použit BP filtr 250 nm. Jak bylo experimenty prokázáno, sklo je již v této oblasti neprůhledné.



Obrázek 52 - Podsvícení sklíčka UV lampou s píkem vlnové délky 254 nm, s filtrem BP 250nm

4 Návrh experimentálního zařízení

Kapitola popisuje experiment a následně konstrukci experimentálního zařízení.

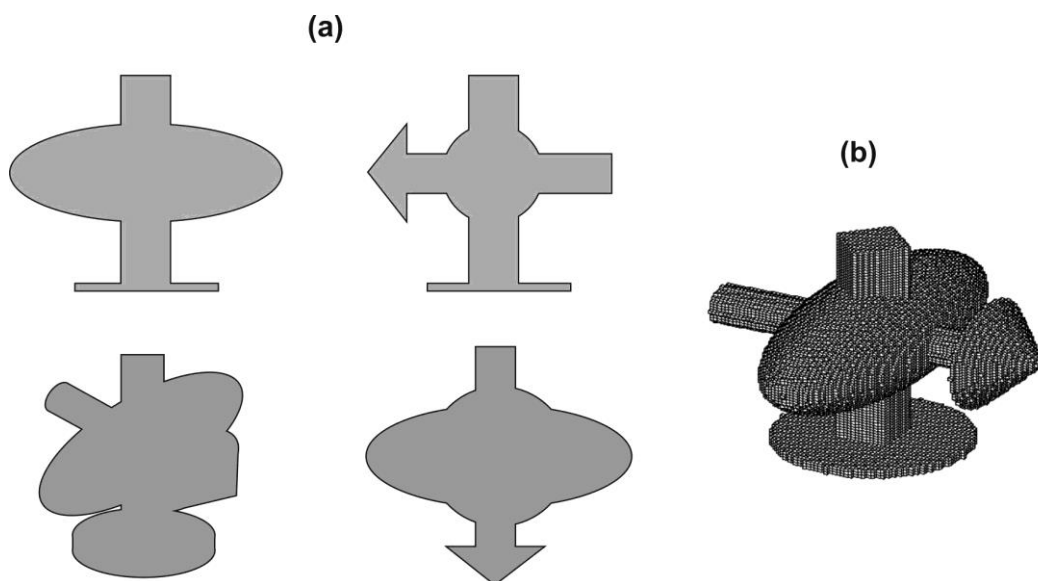
4.1 Popis experimentu

Byl zvolen experiment, při kterém je zvolený skleněný předmět tj. v našem případě sklenička na víno, který se otáčí pomocí servopohonu, je snímán pomocí UV kamery čímž vznikají 2D obrázky (obrysy). Na 2D snímcích jsou viditelné kontury předmětu díky kontrastu proti kameře (UV světlo). Objekt je snímán z různých stran, jak se otáčí, a ze všech dat se poté díky vzájemné poloze snímače a objektu, díky čemuž je možné z obrysů získat 3D model předmětu. Tento přístup získání 3D obrazu se odborně nazývá „tvar z obrysu“.



Obrázek 53 - Použitá sklenička na víno - CRYSTALEX [online]. [cit. 1.6.2019]. Dostupný na WWW:
https://www.crystalex.cz/files/katalogy/Katalogy_2015/for_your_table_2015.pdf

Tvar z obrysu je vytvořen na principu snímání objektu z více stran, získání obrysu objektu a složení těchto obrysů do 3D obrazových dat na základě znalosti vzájemné polohy objektu a snímače kamery. Získání 3D obrazu je pomocí získání obrysů sledovaného hladkého objektu z 2D snímků, které jsou tvořeny křivkami. Schematicky je princip zobrazen na Obrázku 52. Důležité je, aby objekt byl vůči pozadí v kontrastu, díky čemuž mohou být kontury ze siluety jednoznačně získány. Tato metoda je uvažována pro detekci objektů za použití elektromagnetického záření jiných délek, než je viditelné záření.



Obrázek 44 - Princip metody tvar z obrysu, (a) získané obrysy, (b) získaný 3D model objektu [14, 15]

4.2 Konstrukce experimentálního zařízení

Sklenička, která je umístěna na vypáleném ocelové přírubě a je přichycena pomocí L drážek. Je otáčena pomocí aktuátoru DS 70, kterým disponuje laboratoř. Celý experiment je zkonstruován a vymyšlen tak, aby bylo možné ho vložit do stínícího boxu v laboratoři RoboVision, a potřebné věci se daly vyrobit v dílnách na škole. Experimentální pracoviště bude sestaveno z:

stínící box (již existuje),

UV kamera JAI, CM-140GE-UV (již koupená),

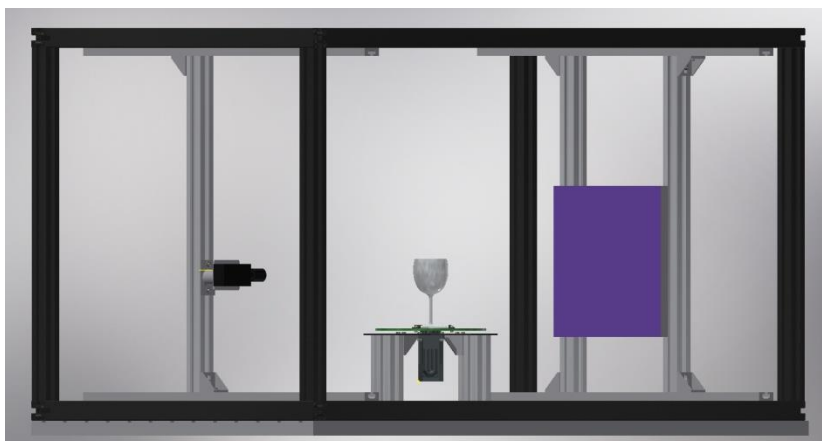
UV plošné osvětlení velikosti 300x300 mm (nutno pořídit),

otočný stolek (nutno podle výkresové dokumentace vyrobit),

pohon stolku s odměřováním polohy (Aktuátor DS 70, obr. 55),

držák kamery a osvětlení (nachází se na katedře),

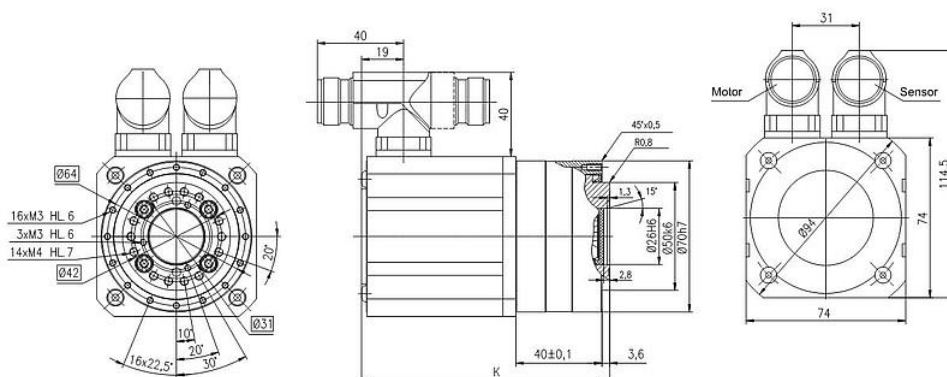
Pro konstrukci je použito hliníkových profilů 40x40 mm, a spojovacího materiálu jako jsou úhelníky a šrouby.



Obrázek 55 - Model sestavy experimentu

Na Obrázku 55 máme sestavu experimentu, kde je vidět celý stínící box sestaven z profilů. Napravo se nachází přidělaná kamera s držákem a nalevo stejně přidělané UV světlo. Uprostřed je vidět Aktuátor a sklenička s otočným stolem. Blíže je toto vidět na Obrázku 59.

Aktuátor DS 70

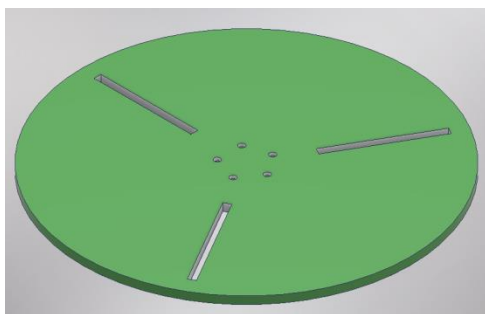


Zapojení konektorů dle katalogu servomotorů TG Drives.

Rozměr K		bez brzd	s brzdou
Resolver	mm	115	168
EnDat	mm	145,5	193

Obrázek 56 - Aktuátor DS 70- TGDRIVERS [online]. [cit. 23.04.2019]. Dostupný na WWW: <https://www.tgdrives.cz/prevodovky-a-linearni-jednotky/rotacni-aktuatory-drivespin/>

Jako první bude potřeba vyrobit rotující přírubu, která bude vypálená z ocelového plechu a do ní poté vyvrtané díry potřebné pro upevnění na pohon. Dále v ní budou drážky pro L příchytky pro držení předmětu. Ty nebudou až do konce kotouče kvůli zvýšení tuhosti příruby. Dále se bude vypalovat příchytný plech, přes který se spojí konstrukce boxu s pohonem, aby nebyl na volno. Opět bude vypálen tvar „kříže“ z ocelového plechu.

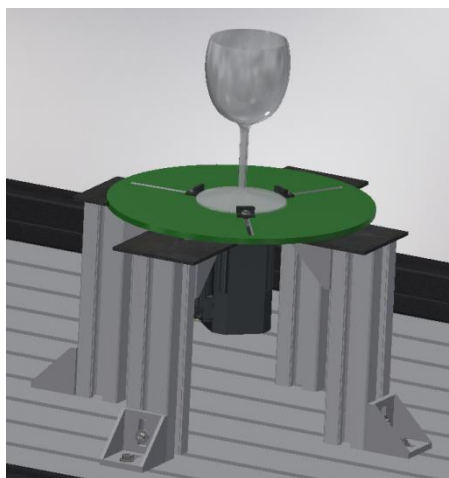


Obrázek 57 - Model otočeného stolku



Obrázek 58 - Model „kříže“

Poslední co je potřeba vyrobit budou L přídržky pro sledovaný objekt - skleničku. Lze uvažovat 2 způsoby výroby. Buď by se udělaly plastové na 3D tiskárně. Nebo by se udělaly ocelové s tím, že by se do L na jedné straně udělala požadovaná díra, a spodek se zfrézoval o 0,5mm aby přídržka zapadla do drážky na přírubě. Toto zapadnutí do drážky v přírubě provádíme díky přesnému centrování předmětu uprostřed osy otáčení. Dále bude celý box opatřen „elektronickým zámekem“, který se sepne jakmile se box otevře a tím se vypne světlo, naopak jakmile se box uzavře světlo bude svítit. Je to kvůli vysoké škodlivosti použitého světla.



Obrázek 59 - Detail upevnění stolku i se skleničkou

Aby byl pokus co nejlepší, spočítali jsme ohniskovou vzdálenost objektivu, který by pro tento experiment vyhovoval. Použili jsme vzorce z [1] :

Nejprve jsme spočítali základní zvětšení objektivu M_{PMGA} kde u_s je zvolený rozměr snímače v mm a U_s je zvolená oblast zájmu snímání.

$$M_{PMGA} = \frac{u_s}{U_s} = \frac{4,8}{80} = 0,06$$

Ohnisková vzdálenost f

$$f = L_{WD} \times M_{PMGA} = 507 \times 0,06 = 30,4 \cong 30mm$$

kde L_{WD} je pracovní vzdálenost v mm. Nevýhoda je, že tento objektiv není běžně na trhu k dostání.

Další možností je úprava vzdálenosti tak, aby se dal použít objektiv s ohniskovou vzdáleností 25mm.

Zde vyjdeme z toho, že M_{PMGA} je stále 0,06. Tudíž pracovní vzdálenost vypočteme ze vztahu:

$$L_{WD} = \frac{f}{M_{PMGA}} = \frac{25}{0,06} = 417mm$$

Cenové zhodnocení u tohoto experimentu není provedeno, jelikož většina použitých prvků se nachází v laboratoři. Zbylé části by se nechaly vyrobit. Jediné co by se muselo dokoupit je UV světlo, což představuje náklad v desítkách tisíc korun a nebylo zatím poptáváno. Dalším nákladem jsou také hliníkové profily a spojovací materiál, který je na skladě katedry.

5 Závěr

V práci bylo zjištěno, že čiré tekutiny jako jsou například voda nebo použité čističe CLIN a IRON, nemají výrazný efekt pod UV světlem vlnových délek kolem 360 nm, toto UV záření v dostatečné míře nepohlcují pro použitý filtr BP365-25.5. V praxi by se to pro tento druh kapalin a filtru nedalo využít. Naopak olejnaté kapaliny, jako je samotný olej nebo vazelína, pod UV světlem výrazně zčernají (UV záření těchto vlnových délek pohlcují) a jsou rozeznatelné, kde se na skleněném povrchu nacházejí. I při pokusech kdy jsme mísili vodu s olejem je hezky vidět, kde se nachází olej a kde voda. V tomto rozhraní nám pod běžnou kamerou olej fluoreskuje. Těchto poznatků o tom, že tyto mazlavé kapaliny jsou rozeznatelné s UV kamerou, by se dalo zamezit možným poruchám například hydrauliky u zpracování nejen různých skel nebo různých manipulativních akcí se sklem, kdy se skla někdo dotkne něčím špinavým (rukavice od oleje).

Co se týče barev, už předem nám bylo jasné, že čím tmavší je barva tím více se pohltí UV záření. Toto tvrzení se nám jenom potvrdilo, překvapilo nás, jak pohlcuje světlo žlutá barva vyvolaná koloidními barvivy. Co se týče využití v praxi u barev, nejlépe je to vidět asi na zelené a hnědé lahvi, které se využívají hojně pro poživatinu (blokují UV záření, která způsobuje znehodnocení). UV záření se v současné době používá pro detekci různých složení bezbarvých skel.

Tloušťku jsme zkoušeli pomocí laboratorních sklíček, zkoušeli jsme rozhraní mezi sklem a podložkou. Při snímání normální kamerou nám asi při 3 sklíčkách na sobě rozhraní zčernalo, přičemž čím víc bylo sklíček u snímání UV kamerou, tím bylo rozhraní méně jasné díky různým odrazům a odleskům mezi sklíčky. S filtrem 250nm bylo ověřeno, že použité sodno-vápenaté sklo při této vlnové délce nepropouští žádné UV světlo oproti například vlnové délce 365nm.

Práce by se dala určitě rozšířit o nějaký praktický prvek, tudíž vyzkoušet nějaké sklo, které zpracovává tak, že je zde možnost jeho ušpinění. Rozhodně by se daly zkoumat dále jednotlivé vlnové délky ultrafialového záření zvlášť a použít dalších filtrů a osvětlení s nižší vlnovou délkou.

6 Seznam použité literatury

- [1] HOTAŘ, Vlastimil. *Úvod do strojového vidění: Část 1:Základní principy a hardware*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. 132 s. ISBN 987-80-7494-156-6.
- [2] HOTAŘ, Vlastimil. *Úvod do strojového vidění: Část 2:Základy zpracování obrazu*. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. 114 s. ISBN978-80-7494-202-0.
- [3] *Ultrafialové světlo* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Ultraviolet>
- [4] *Ultrafialové světlo a životní prostředí* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<<http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/koupani-ve-volne-prirode/uv-zareni>>
- [5] *UV kamery* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<https://www.prumyslove-kamery.cz/o-produktech/digitalni-a-analogove-kamery-jai/plosne-_maticove_-kamery/uv-kamery>
- [6] *Kamera SONY* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<<http://www.graftek.com/pages/XC-EU50.htm>>
- [7] *Kamery Hamamatsu* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<<http://www.graftek.com/pages/C4742-98-26LAG2.htm>>
- [8] *Účinky ultrafialového záření* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<http://www.wikiskripta.eu/index.php/%C3%9A%C4%8Dinky_ultrafialov%C3%A9ho_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD>
- [9] *Ultrafialové záření* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<<http://www.bozpinfo.cz/uv-zareni>>
- [10] *Solária a problematika UV záření* [online]. [cit. 2017-09-10] Dostupné z:
<http://www.khsstc.cz/dokumenty/solaria-a-problematika-uv-zareni_1491_160_1.html>
- [11] *Fotografické filtry a jejich rozdělení* [online]. [cit. 2017-12-11] Dostupné z:
<<http://www.fotografovani.cz/vybirame/jak-vybrat1/fotograficke-filtry-rozdeleni-a-jak-na-vyber-165687cz>>
- [12] *Filtry pro videokamery* [online]. [cit. 2017-12-11] Dostupné z:
<<http://videokamery.cz/clanky/filtry-pro-videokamery-jejich-vyuziti>>
- [13] *Filtry* [online]. [cit. 2018-02-28] Dostupné z:
<<http://kamery.atesystem.cz/produkty/podle-vyrobce/schneider-kreuznach/filtry/>>

[14] HOTAŘ, Vlastimil. *Pokročilé metody získání, interpretace obrazových dat a jejich aplikace v průmyslové praxi*. Habilitační práce. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2019. 323 s.

[15] Kamera JAI [online]. [cit. 2019-05-27] Dostupné z:

<https://www.jai.com/uploads/documents/Discontinued-Products/English-Manuals-Datasheets/C-Series/Datasheet_CM-140GE-UV.pdf>

7 Seznam příloh

Příloha S-1- Výkres sestavy

Příloha K-1- Kusovník

Příloha 1- Plechový držák servopohonu

Příloha 2- Rotující příruba

Příloha 3- Úchytka tvaru L