

Polymerní bankovky

Bc. Jan Jakob

Diplomová práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan Jakob**
Osobní číslo: **A15457**
Studijní program: **N3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Polymerní bankovky**

Téma anglicky: **Polymeric Banknotes**

Zásady pro vypracování:

1. Provedte literární rešerši na téma rozšíření a důvody používání polymerních bankovek a jejich ochranných prvků.
2. Nastudujte metody luminiscenční spektroskopie a její aplikace v oblasti notafilie.
3. Na základě literární rešerše vyberte oblast a skupinu objektů, jejichž studiem se budete zabývat.
4. Provedte analýzu ochranných prvků polymerních bankovek pomocí metod dostupných v laboratořích FAI UTB ve Zlíně.
5. Vyhodnoťte výsledky vámi získané a navrhněte postup dalšího možného zkoumání v dané oblasti.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. PEKÁREK, Jiří. **Poznáte padělek bankovky?**. Praha: Pragoeduca, 2000. ISBN 80-858-5684-0.
2. SIEGEL, Jay A., Pekka J. SAUKKO a Max M. HOUCK. **Encyclopedia of forensic sciences. Second edition.** Waltham, MA, USA: Elsevier, Academic Press, 2013. ISBN 978-0-12-398365-7.
3. PELANT, Ivan a Jan VALENTA. **Luminescence spectroscopy of semiconductors.** New York: Oxford University Press, 2012. ISBN 978-0-19-958833-6.
4. HAWKES, P. W. a John C. H. SPENCE. **Science of microscopy. Vol. 2.** New York: Springer, 2007. ISBN 03-872-5296-7.
5. HALAŠKA, Ondřej. **Luminescent Behavior of American and Canadian Banknotes.** Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2016, 143 s. (118 642 znaků). Dostupné také z: <http://hdl.handle.net/10563/38261>. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky, Ústav elektroniky a měření. Vedoucí práce Křesálek, Vojtěch.
6. SOLOMON, D. H. a Tom SPURLING. **The plastic banknote: from concept to reality.** Collingwood, VIC, Australia: CSIRO Publishing, 2014. ISBN 9780643094277.
7. STRAUS, Stane, Donald LUDWIG, Marian MEYER a TIGERSON. **Polymer Bank Notes of the World. 2. PBN,** 2014. ISBN 9619365909.
8. CUHAJ, George S. **Standard Catalog of World Paper Money, Modern Issues, 1961–Present. 21.** Wisconsin: Krause Publications, 2015. ISBN 1440244111.

Vedoucí diplomové práce:

doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

30. listopadu 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

17. května 2019

Ve Zlíně dne 14. prosince 2018

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D.
děkan



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.
ředitel ústavu

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomové práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....

podpis autora

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se věnuje tématu polymerních bankovek. Teoretická část je věnována jejich historii, technologii výroby, výhodám jejich používání a ochranným prvkům, s kterými se lze u tohoto typu bankovek setkat. V praktické části práce jsou u vybraných polymerních bankovek analyzovány ochranné prvky a dále, prostřednictvím metody luminiscenční spektroskopie, jsou zkoumány také jejich luminiscenční vlastnosti.

Klíčová slova: Polymerní bankovky, polymerové okno, ochranné prvky, opticky variabilní prvky, luminiscence, spektroskopie

ABSTRACT

This thesis deals with the theme of polymer banknotes. The section of theoretical part is dedicated to their history, production technology, benefits of using which we might to encounter at this type of banknotes. In the practical parts, there are analysed security features of the selected polymer banknotes and than are researched their luminescence properties by method of luminescent spectroscopy.

Keywords: Polymer banknotes, clear window, security features, optically variable devices, luminescence, spectroscopy

Tímto bych chtěl poděkovat doc. RNDr. Vojtěchu Křesálkovi CSc. za jeho odborné vedení, podněty a připomínky, jež mi poskytl v souvislosti s vypracováním této diplomové práce. Děkuji také mé rodině za podporu, kterou mi po celou dobu poskytovala.

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 HISTORIE PENĚZ	11
2 POLYMERNÍ BANKOVKY	14
2.1 HISTORIE	14
2.2 VÝROBA SUBSTRÁTU	15
2.3 ŽIVOTNOST	17
2.4 RECYKLACE	18
2.5 PADĚLÁNÍ	19
2.6 REDUKCE BAKTERIÍ.....	20
2.7 NEVÝHODY POLYMERNÍCH BANKOVEK	21
2.7.1 Náklady	21
2.7.2 Manipulace	22
3 TISKOVÉ TECHNIKY	23
3.1 INTAGLIO TISK	23
3.2 KNIHTISK.....	23
3.3 SÍTOTISK	23
3.4 OFSETOVÝ TISK	24
4 OCHRANNÉ PRVKY	25
4.1 PRIMÁRNÍ OCHRANNÉ PRVKY	25
4.1.1 Průhledné polymerní okno	25
4.1.2 Poloprůhledné polymerní okno	25
4.1.3 Reliéf a reliéfní přechodný obrázek	25
4.1.4 Viněta.....	26
4.1.5 Stínový obrázek.....	26
4.1.6 Iridescentní barva	27
4.1.7 Opticky proměnlivá barva.....	27
4.1.8 Metalická barva.....	28
4.1.9 Difrakčně opticky variabilní prvek	28
4.1.10 Lentikulární tisk.....	30
4.1.11 Mikroperforace	31
4.2 SEKUNDÁRNÍ OCHRANNÉ PRVKY	31
4.2.1 Mikrotisk.....	31

4.2.2	Difrakčně optický element.....	32
4.2.3	Fluorescentní barva.....	32
4.3	TERCIÁLNÍ OCHRANNÉ PRVKY.....	33
4.3.1	D-CODE™	33
4.3.2	Magnetická barva	33
5	LUMINISCENCE.....	34
5.1	DEFINICE.....	34
5.2	DRUHY LUMINISCENCE.....	34
5.3	LUMINISCENČNÍ SPEKTROSKOPIE	35
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	36
6	OCHRANNÉ PRVKY VYBRANÝCH BANKOVEK	39
6.1	BANKOVKA AUSTRÁLIE, 5 DOLARŮ, 2006.....	39
6.1.1	Popis bankovky	39
6.1.2	Ochranné prvky	39
6.2	BANKOVKA NOVÝ ZÉLAND, 10 DOLARŮ, 2013	42
6.2.1	Popis bankovky	42
6.2.2	Ochranné prvky	43
6.3	BANKOVKA NOVÝ ZÉLAND, 10 DOLARŮ, 2015	44
6.3.1	Popis bankovky	44
6.3.2	Ochranné prvky	44
6.4	BANKOVKA VELKÁ BRITÁNIE, 5 LIBER, ND(2016-2019)	47
6.4.1	Popis bankovky	47
6.4.2	Ochranné prvky	47
6.5	BANKOVKA MEXIKO, 20 PESOS, 2010.....	50
6.5.1	Popis bankovky	50
6.5.2	Ochranné prvky	50
6.6	BANKOVKA MALEDIVY, 10 RUPÍÍ, ND(2016-2019).....	54
6.6.1	Popis bankovky	54
6.6.2	Ochranné prvky	54
6.7	BANKOVKA HONG KONG, 10 DOLARŮ, 2007.....	57
6.7.1	Popis bankovky	57
6.7.2	Ochranné prvky	57
6.8	ZHODNOCENÍ.....	60
7	LUMINISCENČNÍ SPEKTROSKOPIE VYBRANÝCH BANKOVEK	61

7.1	PŘÍSTROJ PRO DETEKCI LUMINISCENCE	61
7.1.1	Specifikace lampy UV240.....	61
7.2	PŘÍSTROJ PRO MĚŘENÍ LUMINISCENCE.....	61
7.2.1	Specifikace spektrofluorometru PC1	62
7.3	POSTUP MĚŘENÍ.....	62
7.4	BANKOVKA AUSTRÁLIE, 5 DOLARŮ, 2006	63
7.5	BANKOVKA NOVÝ ZÉLAND, 10 DOLARŮ, 2013	65
7.6	BANKOVKA NOVÝ ZÉLAND, 10 DOLARŮ, 2015	66
7.7	BANKOVKA VELKÁ BRITÁNIE, 5 LIBER, ND(2016-2019)	67
7.8	BANKOVKA VELKÁ BRITÁNIE, 10 LIBER, ND(2017-2019).....	69
7.9	BANKOVKA VELKÁ BRITÁNIE, 5 LIBER, FOTOREPRODUKCE.....	70
7.10	BANKOVKA MEXIKO, 20 PESOS, 2010.....	71
7.11	BANKOVKA MALEDIVY, 10 RUPÍÍ, ND(2016-2019).....	72
7.12	BANKOVKA HONG KONG, 10 DOLARŮ, 2007	75
7.13	ZHODNOCENÍ.....	76
	ZÁVĚR.....	78
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	79
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ	85

ÚVOD

Lidstvo již tisíce let používá nějakou formu platidla k uskutečnění směnného obchodu. Dříve to byly mušle, později mince z drahých kovů a dnes to jsou bankovky vyrobené z různých směsí. Polymerní bankovky jsou bankovky vyrobené z polypropylenové směsi, můžeme je tedy označovat za bankovky plastové.

V minulosti byla jednou z hlavních motivací k vývoji nového typu bankovek snaha vytvořit platidlo, které bude lépe chráněno proti padělání. Je důležité si držet krok před padělateli a jejich práci jim co nejvíce znesnadňovat. Bankovky musí být chráněné, aby mohly být důvěryhodné a široce akceptovatelné. Polymerní bankovky tak nabízejí oproti tradičním papírovým bankovkám řadu nových ochranných prvků. Charakteristické je u polymerních bankovek polymerové okno, průhledné okénko, které je kombinováno s dalšími ochrannými prvky.

Neméně důležitou vlastností bankovek je jejich odolnost a životnost. Polymerní bankovky mají životnost násobně delší než bankovky papírové, jsou odolné vůči i různým chemikáliím. Díky jejich delší životnosti je potřeba dotiskovat daleko menší množství bankovek a v delším časovém úseku vzniklé úspory pokryjí náklady na zavedení polymerních bankovek, a poté mohou dále přinášet další úspory. V neposlední řadě je třeba se dotknout také tématu ekologie. Polymerní bankovky jsou zcela recyklovatelné. Záleží jen na centrální bance jaké postupy zvolí pro jejich likvidaci.

Dá se říci, že každý člověk v životě přišel do kontakty s bankovkou, ale už ne že každý měl v ruce bankovku polymerní. V současné době je tento typ bankovek v oběhu ve více než třech desítkách zemí a jejich množství v oběhu stále roste. To je důvodem, proč je téma polymerních bankovek v dnešní době aktuální. Na polymerní bankovky kompletně přešly země jako Austrálie, Kanada nebo Nový Zéland. V Evropě se lze s nimi setkat například v Rumunsku nebo ve Velké Británii.

V České republice není téma polymerních bankovek aktuální, neboť naše země je stále zavázaná přejít na jednotnou evropskou měnu Euro. Samotný proces přechodu je ale časově i finančně náročná procedura a ze střednědobého hlediska by se nevyplatil. Zajímavější bude sledovat vývoj jednotné evropské měny, například zda Evropská centrální banka začne v budoucnu uvažovat o přechodu na polymerní substrát.

Cílem této práce je čtenáře seznámit s vlastnostmi polymerních bankovek a charakteristikami jejich ochranných prvků. Umožnit mu se na základě získaných poznatků kvalifikovaně rozhodnout, zda se jedná u vybraného vzorku o polymerní bankovku pravou nebo padělanou, a to, jak pomoci základních pozorovacích metod, tak také pomocí laboratorní spektroskopické metody.

V teoretické části této práce budou popsány vlastnosti, způsob výroby substrátu,

metody tisku a typy ochranných prvků polymerních bankovek. Dále bude následovat seznámení se s principy luminiscence a spektroskopie. V praktické části práce budou analyzovány ochranné prvky u vybraných polymerních bankovek a poté bude provedena spektrální analýza částí bankovek, které vykazují luminiscenci pod ultrafialovým světlem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 HISTORIE PENĚZ

Než byly zavedeny peníze, jakožto všeobecně přijímaný prostředek směny, a vznikla první platidla, obchodovalo se formou směny zboží za jiné zboží. Jednalo se o tzv. barterový obchod. První zmínky o něm pocházejí z Egypta 9000 let př. n. l. Když například někdo poptával obilí, mohl někomu jinému za něj nabídnout dobytek. Obchod tak mohl proběhnout bez dalšího prostředku, např. drahých kovů. Problémem této formy směny spočíval v tom, že vždy se musel najít někdo, kdo nabízí něco, co někdo jiný zrovna poptává, a současně je ochoten přijmout to, co za směnu nabízí ten druhý. To později vedlo k zavedení prostředku směny např. ve formě mušlí a drahých kovů.

Ve starověku v sedmém století př. n. l. vznikly na území Lydie, dnešní Turecko, první mince. Byly to přírodní slitky zlata a stříbra, tzv. elektron, které nesly značku panovníka nebo města. Mince mohly mít různý poměr drahých kovů, a tak se ustanovilo, kolik mincí bude moci být vyraženo z určitého množství drahého kovu (zlato, stříbro, bronz, ...). Kolem roku 1250 se začaly ve Florencii razit zlaté mince, jež byly akceptovány napříč Evropou a podpořily rozvoj mezinárodního obchodu na kontinentu. Florény, jak byly tyto mince nazývány, si udržely svou stabilní hodnotu více než století. [1]



Obr. 1.1 Lýdijská mince z elektronu [2]

Ve 13. století se do Evropy dostaly první informace o papírové formě platidla, které bylo v Číně v oběhu už od 11. století. Ve svých zápiscích jej popsal benátský cestovatel Marco Polo. V Evropě v té době byly stále používány mince z drahých kovů a trvalo dalších 300 let, než vznikla první papírová bankovka v Evropě. Pravděpodobně kvůli nedostatku drahých kovů i náročnosti manipulace s větším objemem mincí, začala švédská banka roku 1661 dávat do oběhu první bankovky. Také v dalších zemích se začaly vydávat bankovky. V Anglii získala monopol na vydávání bankovek banka Bank of England. Oproti tomu ve Spojených státech, až do roku 1913, vydávala bankovky celá řada lokálních bank. Zpočátku byly bankovky kryty drahými kovy. Později se začalo od tohoto modelu upouštět, což sice vedlo k vyšší emisi bankovek, ale také k problémům jako růst inflace či bankrot banky/státu. [1]

Ve Spojených státech v roce 1946 přišla brooklynská banka s prvním modelem



Obr. 1.2 První bankovka v Evropě, vydána roku 1661 bankou Stockholms Banco [5]

bankovní karty. Karta měla platnost ale jen v nejbližším okolí banky. V roce 1950 představila společnost Diner's Club první kreditní kartu, která byla akceptována v široké síti restaurací. Postupně se pustily do vydávání platebních karet i další banky – Bank of America (později známá jako společnost Visa), American Express. [3]



Obr. 1.3 Karta Diners Club z roku 1955 [6]

S rozvojem moderních technologií přicházejí postupně nové platební metody. Od konce 20. století, v době rozvoje sítě Internet a dostupností prvních „smart“ mobilních telefonů, začaly banky nabízet klientům prostředky pro elektronické převody plateb – mobilní, internetové bankovníctví.

V roce 2008 se objevila zmínka o elektronické měně nezávislé na žádné centrální bance. Tato decentralizovaná měna byla pojmenována jako Bitcoin. Elektronické mince Bitcoin jsou „těženy“ prostřednictvím výpočetního výkonu a zaznamenávány do veřejné knihy, tzv. blockchainu. [4]

Algoritmus je nastaven tak, aby počet vytěžených mincí postupně klesal, což ale zvyšuje nárok na výpočetní výkon pro jejich těžbu. Rostoucí popularita Bitcoinu přispěla ke vzniku dalších elektronických měn. I když je Bitcoin označován jako měna,

spíš než ke směně za služby či zboží, se na něj nahlíží jako na investiční příležitost, jejíž hodnota má ale značně vysokou volatilitu.

2 POLYMERNÍ BANKOVKY

2.1 Historie

První polymerní bankovka byla vyrobena americkou společností American Bank Note Company. Substrát, známý pod komerčním názvem Tyvek, dodala společnost DuPont. Vyrobena byla z vláken z polyethylenu s vysokou hustotou. Tento typ plastových bankovek byl v osmdesátých letech vydán na Haiti a v Kostarice. Ve stejné době anglická tiskárna bankovek a cenných papírů vyvinula upravenou verzi substrátu Tyvek označovanou jako Bradvek a použila ji pro výrobu plastových bankovek pro ostrov Man. Od bankovek z nového materiálu se očekávala delší životnost. V praxi se ale ukázalo, že materiál Tyvek nebyl pro bankovky nejvhodnější. Objevily se problémy s přilnavostí inkoustu i křehkostí materiálu. Bankovky z tohoto substrátu se tak přestaly vyrábět. [7]

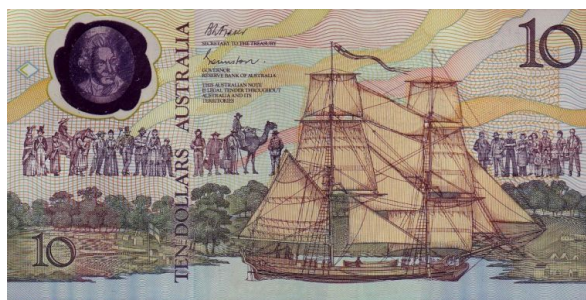


Obr. 2.1 Polymerní bankovka z Haiti ze substrátu Tyvek [8]

V roce 1988 byla v Austrálii vydána pamětní bankovka vyrobená z nového polymerního substrátu. Byla to také první polymerní bankovka, která měla průhledné okénko. Australská vědecká agentura CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) ve spolupráci s australskou centrální bankou (Reserve Bank of Australia) vyvinula substrát z biaxiálně orientovaného polypropylenu (BOPP). Substrát, dnes známý pod komerčním názvem GuardianTM, se začal široce využívat při výrobě polymerních bankovek, které v řadě zemí nahradily tradiční papírové bankovky. [7]

Potřeba vyvinout nové bankovky s novými ochrannými prvky vzešla ze situace, kdy se v Austrálii začaly v 70. a 80. letech hojně objevovat padělky \$ 10 bankovky z roku 1966. K tomuto jevu přispěla v té době zejména veřejná dostupnost reprografických technologií s vysokou kvalitou. [7]

V roce 1992 byla v Austrálii dána do oběhu první polymerní bankovka s nominální hodnotou \$ 5. [7]



Obr. 2.2 Pamětní polymerní bankovka ze substrátu Guardian vydaná v Austrálii v roce 1988 [9]

2.2 Výroba substrátu

Dlouhodobě nejvyšší podíl mezi výrobci polymerního substrátu má společnost CCL Secure (dříve známá jako Innovia Security). Společnost, která navazuje na vývoj australských polymerních bankovek, je výrobcem bankovek z biaxiálně orientovaného polypropylenu s názvem GuardianTM. Postup výroby tohoto substrátu bude popsán dále.

Dalším významnějším výrobcem polymerních bankovek je britská společnost De La Rue. Ta od roku 2012 dodává na trh také substrát z BOPP polymeru pojmenovaný jako Safeguard[®]. [10]

Bankovky GuardianTM se skládají ze tří základních částí:

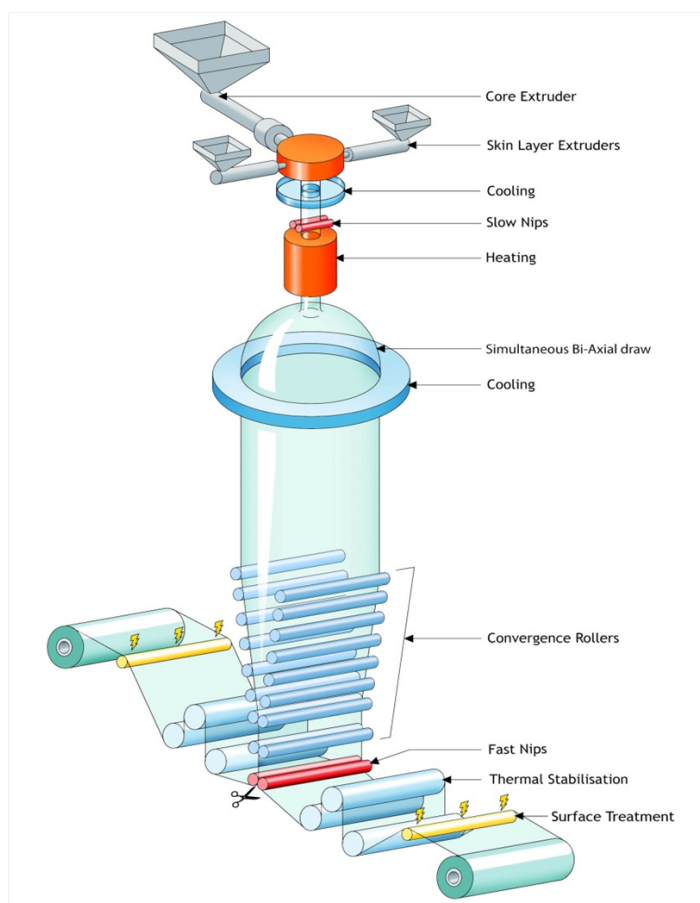
- základní fólie označované jako ClarityTM C,
- neprůhledné tiskové vrstvy, která umožní, aby na substrát přilnula barva při ofsetovém nebo intaglio tisku,
- tištěných či vložených ochranných prvků. [11]

Materiál pro výrobu bankovek musí splňovat celou řadu parametrů. Při vývoji polymerních bankovek pro australskou centrální banku se ukázal jako nejvhodnější materiál polypropylen (PP), respektive jeho biaxiálně orientovaná forma (BOPP). [7]

Polypropylen je termoplastický polymer, jenž je využíván v celé řadě odvětví – potravinářství, textilní průmysl, stavebnictví a další. Jeho výroba je poměrně levná.

Biaxiálně orientovaný polypropylen je extrémně pevný a odolný materiál. Lze jej opakovaně ohýbat a nelze jej roztrhnout tak jednoduše, jako papírovou bankovku. Jeho povrch je neporézní, bez vláken a je odolný vůči vodě i dalším kapalinám. Vyráběn je prostřednictvím speciálního „bubble“ procesu. [13]

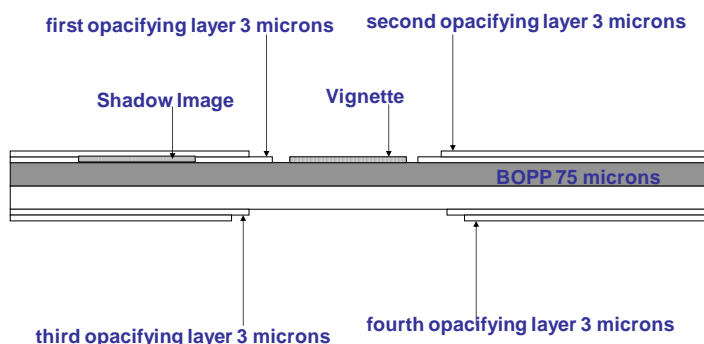
Základní fólie ClarityTM C je vyráběna z pelet z polypropylenu. Tyto pelety jsou extrudovány a roztavený polymer poté prochází rychlým ochlazením. Materiál



Obr. 2.3 Schéma výroby BOPP fólie Clarity™ C [12]

získává v této fázi nové vlastnosti, zejména svou průhlednost. Následně dochází opět k zahřátí a materiál je působením tlaku a vzduchu vyfukován z odlévací trubice. Vytváří se obrovská bublina. Průchodem přes konvergenční válce skrz čtyřpatrovou komoru dochází ke splasknutí bubliny. Vzniklá fólie je namotávána na válce. Vytvořená biaxiálně orientovaná polypropylenová fólie (Clarity™ C) má tloušťku $75\mu\text{m}$. Schéma výroby je znázorněno na obrázku 2.3. [13]

V další fázi výroby substrátu jsou na základní fólii naneseny z každé strany dvě zneprůhledňující vrstvy, obvykle bílé barvy. Podklad získává charakteristickou strukturu substrátu Guardian™ a je chráněn proti znečištění. Části chráněné před nánosem neprůhledné vrstvy umožní vznik průhledným, tzv. polymerním, oknům. Ta jsou pro polymerní bankovky typická. Možné jsou i variace, kdy krycí vrstvy mají různou průhlednost či barevnost. Na obrázku 2.4 je vidět zjednodušený průřez bankovkou Guardian™. [13]

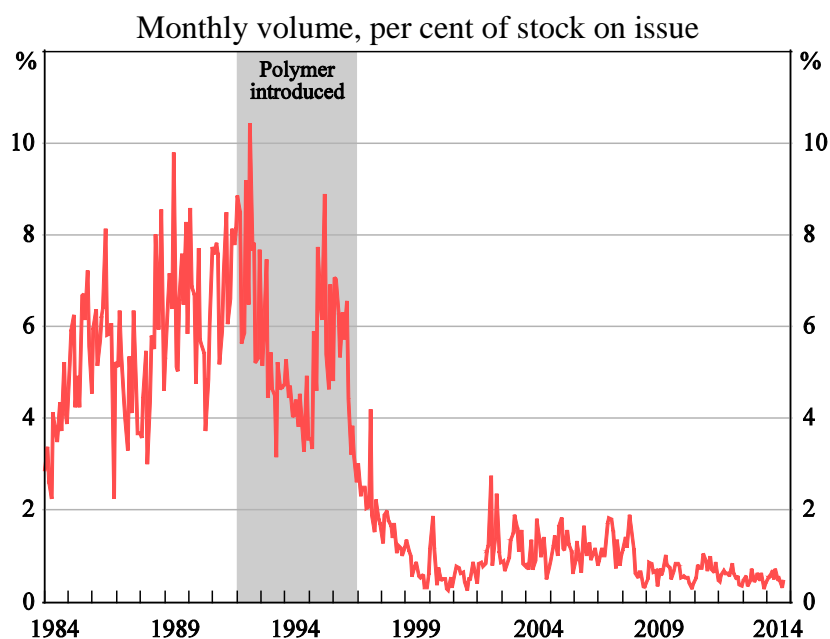


Obr. 2.4 Průřez bankovkou Guardian™ [11]

2.3 Životnost

Polymerní bankovky mají díky jedinečným vlastnostem BOPP substrátu tři až pětinašobně delší životnost než běžné papírové bankovky. Vlastnosti, jako ohebnost, odolnost vůči kapalinám i fyzickému poškození, přispívají ke snížení množství bankovek, jež by jinak musely být kvůli poškození staženy z oběhu a nahrazeny bankovkami novými. Bankovky nelze jednoduše roztrhnout, vydrží i vyprání v pračce. [11]

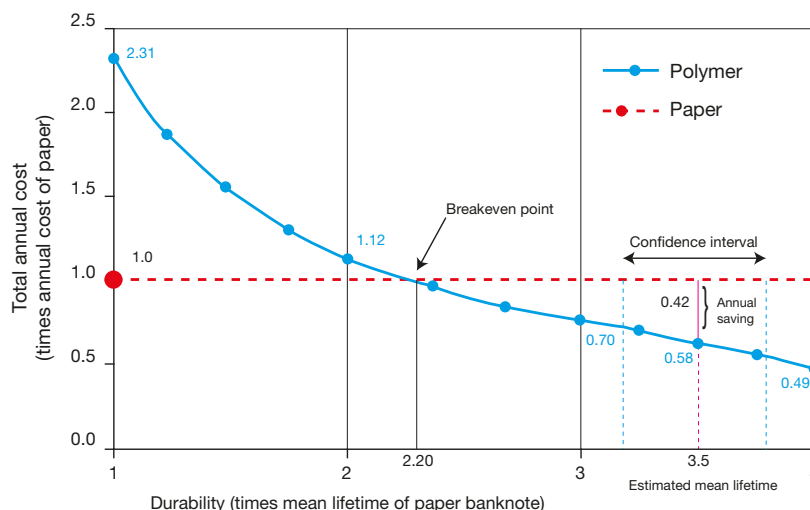
Zatímco počáteční náklady na výrobu polymerních bankovek jsou vyšší než u těch papírových, počet dotisknutých náhradních bankovek je dlouhodobě nižší. Tento trend je patrný například ze statistik zveřejněných australskou centrální bankou. Průměrná míra znehodnocených bankovek před rokem 1992 klesla z 5,7 % měsíčně na 1 % měsíčně po uvedení nových polymerních bankovek, viz obrázek 2.5. [14]



Obr. 2.5 Měsíční objem znehodnocených bankovek v % [14]

Analýza mexické centrální banky (Banco de México) ukázala, že už při 2,2 krát

delší životnosti polymerních bankovek oproti těm papírovým, jsou celkové roční náklady na produkci polymerních bankovek stejné jako u těch papírových (za předpokladu stejného množství bankovek v oběhu). S delší životností náklady dále klesají, viz obrázek 2.6. [15]



Obr. 2.6 Analýza nákladů na produkci papírových vs. polymerních bankovek [15]

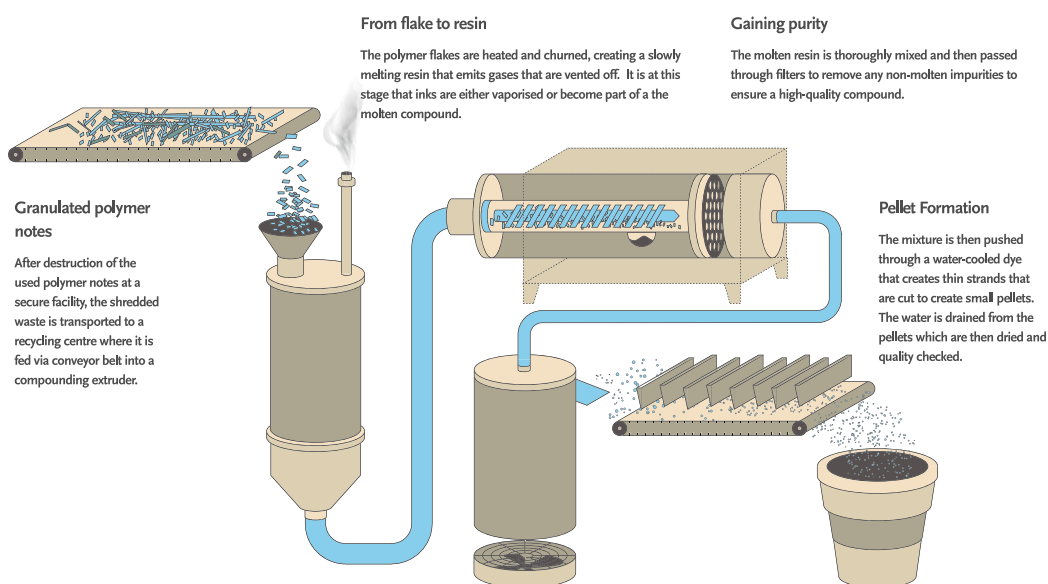
2.4 Recyklace

I když polymerní bankovky mají delší životnost než ty papírové, stále je jejich životnost konečná a je potřeba se věnovat otázce, jak s nimi poté naložit. V dnešní době, kdy je kladen důraz na ekologii, je důležitou výhodou polymerních bankovek možnost jejich recyklace.

Bankovky z polymerního substrátu mohou být rozdrčeny a zpracovány tak, aby z nich bylo možné vyrobit malé polypropylenové pelety. Se vzniklou surovinou se následně obchoduje jako s běžnou výrobní komoditou. Z polymerních bankovek lze vyrobit například lavičky, popelnice, zahradnické potřeby a řadu dalších výrobků z recyklovatelných plastů. [16]

Proces recyklace polymerních bankovek je znázorněn na obrázku 2.7. Nejprve jsou rozdrčené bankovky nasypány do extrudéru, kde jsou roztaveny. Barvy z bankovek se v tomto stádiu odpaří nebo také rozpustí. Vzniklá pryskyřice se následně promíchá a projde přes filtry. Zde se odstraní všechny neroztavené nečistoty. Směs je poté protlačena přes vodou chlazené zařízení, které vytváří tenké prameny. Ty jsou na závěr nařezány do podoby malých pelet. [16]

V případě papírových bankovek je recyklace problematická. Nelze jednoduše oddělit barvy z bankovek od zbytku směsi. Proto je většina papírových bankovek po



Obr. 2.7 Proces recyklace polymerních bankovek [16]

rozdrcení slisována do briket a ty jsou uloženy na skládku nebo spáleny za vysoké teploty. [16]

2.5 Padělání

Padělání je tak staré jako historie peněz a nevyhýbá se ani polymerním bankovkám. Současné polymerní bankovky obsahují řadu moderních ochranných prvků, které padělatelům jejich práci výrazně znesnadňují a prodražují.

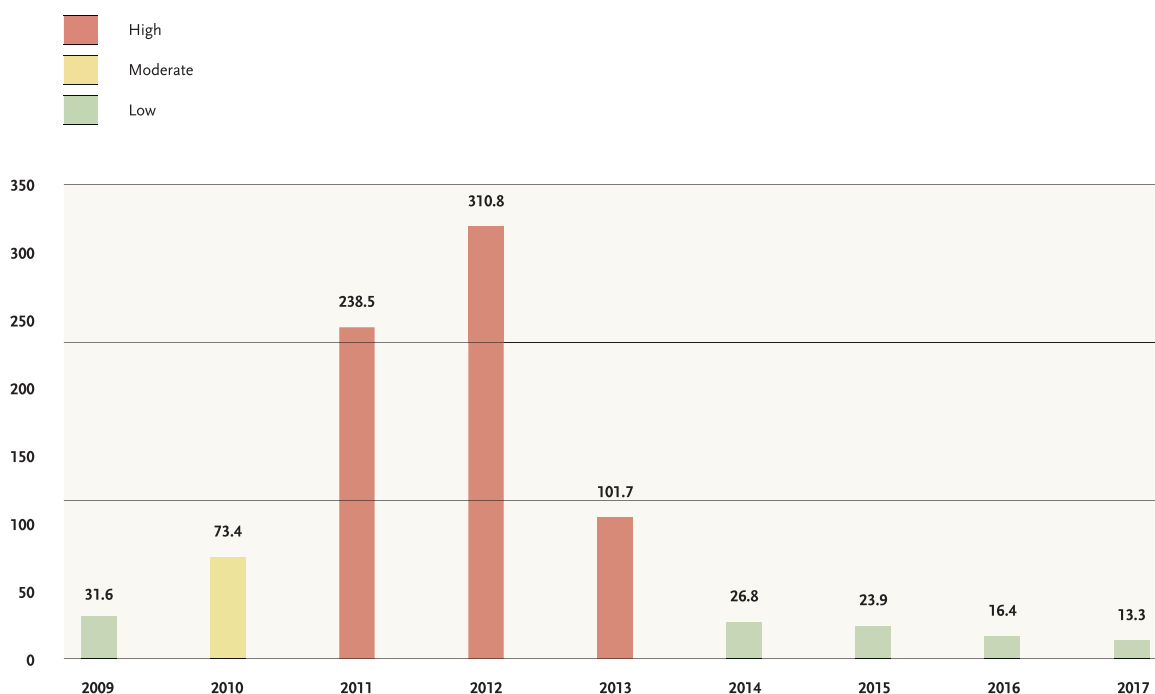
Padělky lze dělit do pěti kategorií podle úrovně jejich provedení.

- *Velmi nebezpečný* – Většina ochranných prvků je velmi dobře napodobena. Použita je stejná tisková technika jako u originálu. Tím, že se padělek téměř neliší od originálu, je těžké jej odhalit.
- *Nebezpečný* – Použitá tisková technika není úplně shodná s originálem. Většina ochranných prvků je napodobena.
- *Zdařilý padělek* – Od originálu se padělek výrazně liší. Řada ochranných prvků chybí. Padělek je nejčastěji pořízen pomocí digitálních reprodukčních zařízení.
- *Méně zdařilý* – Provedení je horší než u zdařilého padělku. Ochranné prvky chybí nebo jsou velmi nekvalitní.
- *Neumělý* – Velmi nekvalitní amatérský padělek, ihned odhalitelný. [17]

V případě polymerních bankovek je jednoduché odhalit méně kvalitní padělky. Polymerové okno a opticky variabilní ochranné prvky není možné jednoduše napodo-

bit pomocí dostupných digitálních zařízení. Při znalosti všech ochranných prvků, lze odhalit i zdařilé padělky.

Vývoj ochranných prvků musí držet krok před profesionálními padělateli. Jak ukazuje příklad z Mexika, s dostatečnými finančními zdroji jsou padělatelé schopni časem napodobit i složitější ochranné prvky. V roce 2006 byla v Mexiku dána do oběhu bankovka v hodnotě 50 peso. Počet padělků v následujících letech dramaticky poklesl. Později, mezi roky 2011 a 2012, už bylo ale odhaleno velké množství profesionálních padělků. V roce 2012 centrální banka na situaci zareagovala vydáním nové verze této bankovky s propracovanějším designem a ochrannými prvky. Ve stejném roce byl dopaden i gang padělatelů. Od roku 2014 je opět pozorovatelný výrazný pokles počtu padělků. [18]



Obr. 2.8 Vývoj počtu padělků u mexické bankovky s nominální hodnotou 50 pesos v letech 2009-2017 (ppm) [18]

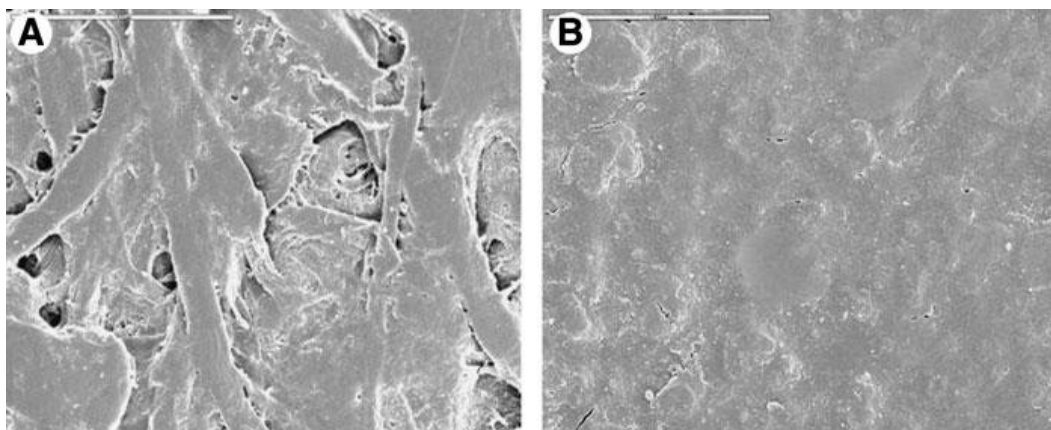
2.6 Redukce bakterií

Bankovky za dobu, kdy jsou v oběhu, projdou rukama řady lidí. Jednoduše se mohou stát zdrojem bakteriální infekce. Proto je při manipulaci s bankovkami třeba dodržovat základní hygienická pravidla, aby se předešlo například kontaminaci potravin.

V roce 2010 byla zpracována rozsáhlá studie, která se zabývala přítomností bakterií na bankovkách. Zkoumáno bylo 1280 bankovek získaných ze stravovacích zařízení z různých států. Na bankovkách byly zachyceny například bakterie *E. coli*, *S. aureus*,

B. cereus a *Salmonella*. Výzkum ukázal, že na polymerních bankovkách bylo zachyceno až o 75 % méně bakterií než na bankovkách papírových. [19]

Papírové bankovky jsou většinou vyrobené ze substrátu s bavlněným základem. Povrch těchto bankovek je porézní. Oproti tomu polymerní bankovky z polypropylenu mají povrch hladký a neporézní. To je jedním z důvodů, proč se na polymerních bankovkách udrží méně bakterií než na bankovkách papírových. [19]



Obr. 2.9 Fotografie povrchu bankovky z (A) bavlněného a (B) polymerního substrátu pořízená elektronovým mikroskopem. [19]

Bakterie zachycené na polymerní bankovce mají pro přežití méně přívětivé prostředí. Polymerní substrát neabsorbuje vodu a díky jeho neporéznosti se na něm udrží také méně prachových částic.

2.7 Nevýhody polymerních bankovek

I přes řadu pozitivních vlastností zmíněných v předchozích kapitolách, mají polymerní bankovky také jisté nevýhody.

2.7.1 Náklady

Jednou z největších překážek pro rychlejší rozšíření polymerních bankovek po světě je výše nákladů na jejich zavedení. Kromě vyšší výrobní ceny se do nákladů musí započítat cena za úpravu všech nařízení, která bankovky zpracovávají automatizovaně. Jedná se například o třídičky bankovek, bankomaty pro vklady i výdej hotovosti, zařízení pro ověření pravosti apod.

Jak bylo zmíněno v kapitole 2.3, vyšší počáteční náklady na výrobu polymerních bankovek se po pár letech, díky jejich delší životnosti, vrátí v podobě úspory nákladů za dotisk. Například u modernějších bankomatů stačí pro rozpoznání nového typu bankovek pouhá úprava softwaru. [20]

Vyšší počáteční náklady budou problémem zejména pro rozvojové země.

2.7.2 Manipulace

Polymerní bankovky lze hmatem jednoduše rozeznat od těch papírových. Působí plastově, hůře se ohýbají. Na jedné straně pro někoho nevýhoda, na druhé straně jedna z vlastností, díky které mají bankovky delší životnost.

Problém může nastat, když se mezi bankovky dostane voda. Bankovky mají tendenci přilnout k sobě a hůře se s nimi poté manipuluje. Zmíněný problém částečně řeší přísady, které vylepšují vlastnosti substrátu. Jednou z přísad je například živočišný lůj. Jeho stopové množství má za úkol zlepšit antistatické vlastnosti a snížit kluzkost bankovek. Použit byl například u nových bankovek ze substrátu GuardianTM vydaných Bank of England. [21]

Po zveřejnění informace, že bankovky obsahují malé množství loje, se zvedla vlna protestů zejména z řad vegetariánů a veganů, kteří v petici žádali stažení daných bankovek. Po veřejné konzultaci se banka rozhodla bankovky z oběhu nestahovat. V roce 2017 oznámila společnost De La Rue, že vyvíjí substrát, který nebude lůj obsahovat. [21, 22, 23]

3 TISKOVÉ TECHNIKY

Při výrobě polymerních bankovek se kromě nanesení zneprůhledňujících různobarevných vrstev aplikují kombinace různých tiskových technik. Jedná se o intaglio tisk, knihtisk, sítotisk nebo ofset. [24]

3.1 Intaglio tisk

Intaglio tisk (hlubotisk) je tisková technika, která používá reliéfní tiskovou formu. Tisková místa jsou zahlobena a naplněna velmi hustou barvou. Za vysokého tlaku je substrát vtlačen do rytin, kde dojde k přilnutí barvy a přenesení obrazu. Silná vrstva nanesené barvy vytvoří vystouplý obraz s raženou texturou, který je dobře rozpoznatelný hmatem a je těžko napodobitelný pomocí jiných tiskových metod. [25]

Bez originální formy použité při intaglio tisku je pro padělatele náročné napodobit hloubku a strukturu intaglio tisku na bankovce. [27]



Obr. 3.1 Intaglio tisk; \$ 10, 1999, Nový Zéland

3.2 Knihitisk

Knihitisk (letterpress) je tisková technika fungující na principu tisku z výšky. Barva je nanášena na vyvýšený povrch a odtud je přímo nanášena na potiskovaný substrát. Jednou z charakteristik této techniky je mírné zahlobení nebo vytlačení reliéfu na substrátu. Další charakteristikou je lehce tmavší a silnější okraj natisknutého obrazu, protože přebytečný inkoust je vytlačěn směrem k okraji reliéfu. Tento typ tiskové techniky se nejčastěji používá k vytvoření jedinečného identifikátoru na bankovce (sériového čísla). [25]

3.3 Sítotisk

K nanesení barvy na potiskovaný materiál je použita šablona a síto. Tisková barva je protlačena přes šablonu vytvořenou na sítu a nanášena na substrát. Použito je větší



Obr. 3.2 Letterpress; £ 5, 2016, Anglie

množství barvy, což má za následek vytvoření mírně vystouplého obrazu. Sítotisk se obvykle používá k nanesení opticky variabilních barev. [25]



Obr. 3.3 Opticky variabilní barvy nanesené metodou sítotisku; \$ 5, 2016, Austrálie [26]

3.4 Ofsetový tisk

Ofsetový tisk je technika tisku z plochy. Na rozdíl od intaglio nebo knihtisku jsou tisknouce a netisknouce místa v jedné rovině. Ofsetový tisk je nepřímý tisk. Barva je nejprve nanesena na tiskovou formu a až přes další válec je nanesena na substrát. Princip tisku je založený na rozdílných chemických vlastnostech. V případě mokrého offsetu je část plochého válce tiskové formy navlhčena vodou, která barvu odpuzuje. Tím se rozliší tisknouce a netisknouce oblasti. Ofsetový tisk je běžně používán v komerčním průmyslu pro velkoobjemový tisk. [25]



Obr. 3.4 Ofsetový tisk; \$ 5, 1992, Austrálie

Hlavní charakteristikou ofsetové tisku je vytvoření ostrého a hladkého obrazu. Umožňuje tisknout velmi jemné propletené linie s různou sytostí barev a vytvářet obrazy s vlastnostmi, které jsou pro padělatele velmi obtížně reprodukovatelné pomocí digitálních metod. [25]

4 OCHRANNÉ PRVKY

Polymerní bankovky mohou mít tři úrovně ochranných prvků. Primární ochranné prvky zahrnují například intaglio tisk, metalické pásy nebo polymerové okno. Jsou jednoduše rozpoznatelné veřejností. Sekundární ochranné prvky vyžadují k detekci speciální zařízení. Jedná se například o magnetické barvy nebo fluorescentní barvu viditelnou pod UV světlem. Terciární ochranné prvky jsou detekovatelné primárně vydavatelem dané bankovky.

V následujících podkapitolách budou popsány zejména ochranné prvky, které jsou aplikovány na substrát Guardian™.

4.1 Primární ochranné prvky

4.1.1 Průhledné polymerní okno

Průhledné (transparentní) polymerní okno je výrazným ochranným prvkem technologie polymerních substrátů. Jedná se o primární ochranný prvek. Jeho zavedení umožnilo snížit množství padělků, které vznikaly prostým kopírováním nebo skenováním bankovek. Lze jej integrovat do celkového designu bankovky a kombinovat jej s celou řadou dalších ochranných prvků. Do polymerního okna se umísťují například opticky variabilní prvky. Na jedné bankovce může být transparentních polymerních oken různých tvarů hned několik. [13]



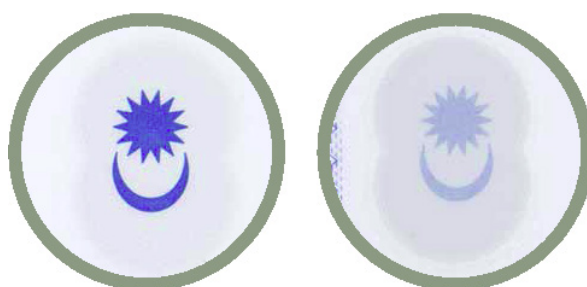
Obr. 4.1 Transparentní polymerní okno [24]

4.1.2 Poloprůhledné polymerní okno

Poloprůhledné polymerní okno je variantou průhledného okna, kde pouze jedna strana je překryta zneprůhledňující vrstvou. Z jedné strany působí povrch jako lesklý a z druhé jako běžná tisková vrstva. [13]

4.1.3 Reliéf a reliéfní přechodný obrázek

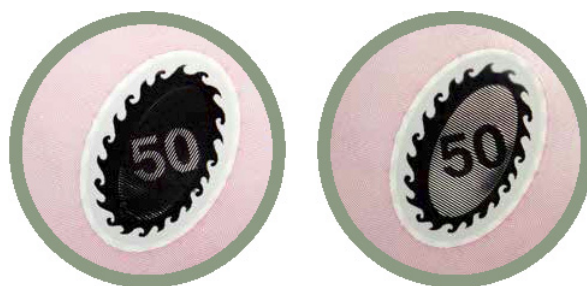
Výhodou transparentních ploch je schopnost nést permanentní reliéf, který dále zvyšuje ochranu bankovek. Reliéf je vytvořen během procesu intaglio tisku tak, že vyhloubené



Obr. 4.2 Poloprůhledné polymerní okno [24]

plochy hlubotiskové desky se ponechají bez barvy. Při nanesení na polymerní okno je vytvořený přechodný obrazec viditelný při průchodu i odrazu světla. [24]

Přechodný reliéfní obrázek má strukturu 3D linií. Je složen z kombinací dvou liniových struktur, jenž mají předdefinované pozorovací úhly. Při pohledu na obrazec pod různými úhly jsou jeho jednotlivé části více či méně viditelné vzhledem k rozdílům v odrazu světla dvou rozdílných liniových struktur. [27]



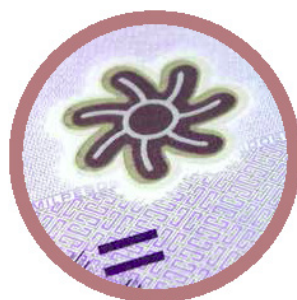
Obr. 4.3 Reliéfní přechodný obrázek [24]

4.1.4 Viněta

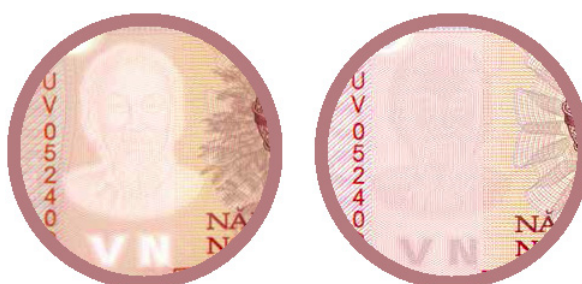
Viněta je jednoduše identifikovatelný designový prvek obvykle natisknutý přes průhledné či poloprůhledné polymerové okno. Design vinět může být různorodý – od jednoduchých křivek až po detailní portrét. Ale nejedná se jen o estetický prvek, má také svou ochrannou funkci. O další úroveň posouvá obtížnost pro příležitostné padělatele napodobit polymerní okno. [27]

4.1.5 Stínový obrázek

Stínový obrázek na polymerním substrátu je podobný vodoznak, který je běžný u papírových bankovek. Při odrazu světla je skryt, zviditelní se až při umístění bankovky proti světlu. Může mít podobu textu, číslic i obrázku. Stínového efektu je dosaženo změnou průhlednosti a v některých případech i změnou barev krycích vrstev základní fólie. Na polymerním substrátu mohou být vytvořeny detailní ostré obrazce umístěné jak v polymerním okně, tak i v jiných částech bankovky. [27]



Obr. 4.4 Viněta [24]



Obr. 4.5 Stínový obrázek) [24]

4.1.6 Iridescentní barva

Iridescentní barvy jsou perlově třpytivé. Obsahují poloprůhledná barviva nanesená v tenké vrstvě na drobné slídové vločky. Když je na bankovku nahlíženo z různých úhlů, prvek z iridescentní barvy je zviditelněn nebo skryt. [28]

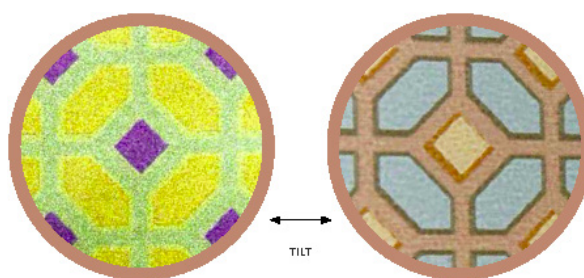


Obr. 4.6 Iridescentní barvy [24]

4.1.7 Opticky proměnlivá barva

Opticky proměnlivá barva (Optically Variable Ink, OVI) je tisková barva obsahující mikroskopické částice, které se chovají jako interferenční filtry. V závislosti na změně úhlu pohledu dochází ke změně barvy. [28]

Barvy mohou mít různé odstíny a barevné kombinace. Dnešní technologie umožňuje aplikovat například dvě podobné barvy, které se při změně pozorovacího úhlu změny na barvy rozdílné. Barvy mohou být také nanесeny na polymerní okno během



Obr. 4.7 Opticky proměnlivé barvy [24]

procesu zneprůhlednění substrátu, což přinese ještě vyšší úroveň ochrany a barvy budou poté viditelné z obou stran bankovky. Reprodukovat opticky proměnlivý barevný efekt prostřednictvím digitálního tisku je obtížné i pro profesionální padělatele. [24]

4.1.8 Metalická barva

Metalické barvy dodávají bankovkám jedinečný design a ochranu proti kopírování. Obvykle se používají k výplni větších ploch, aby byl metalický efekt co největší. Při kopírování bankovky je nemožné zachovat metalický efekt identický s originálem. [27]



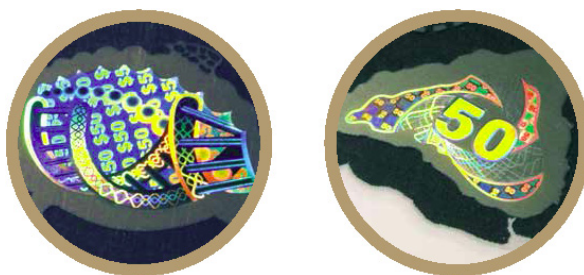
Obr. 4.8 Metalické barvy [24]

Na bankovky ze substrátu GuardianTM lze nanést speciální metalický prvek MetalixTM, který je vysoce odolný vůči chemikáliím a oxidaci. K dispozici je v široké paletě barevných odstínů, jejichž lesk zvyšuje hladký a neporézní povrch substrátu. MetalixTM může být aplikován na jakoukoliv část bankovky. Je nedílnou součástí unikátní ochranné technologie D-CODETM. [24]

4.1.9 Difrakčně opticky variabilní prvek

Difrakční opticky variabilní prvek (Diffractive Optically Variable Device, DOVD) využívá principu lomu světla na difrakční mřížce. Při naklonění bankovky tak vznikají různé efekty, například změna barev, vícerozměrné obrázky, pohybové efekty.[28] Pomocí technologie elektronové litografie mohou být vytvořeny ochranné prvky s vysokým rozlišením, jejichž napodobení je pro padělatele časově i finančně velice náročné. [29]

Prvek DOVD může být vložen přímo do vrstvy substrátu. Příkladem je ochranný prvek LatitudeTM vložený do substrátu GuardianTM. Během výroby substrátu je binární difrakční struktura vložena do polymerního okna a poté překryta vrstvou nanočástic ze stříbra. Vše je překryto čirým lakem, který chrání prvek před fyzickým poškozením i před pokusy o padělání. Prvek je viditelný z obou stran bankovky. Jeho tvar i velikost mohou být libovolné, lze jej tak plně integrovat do designu bankovky. Při změně sklonu bankovky je na prvku LatitudeTM pozorovatelná změna barvy a pohyb v obrázku. [30]



Obr. 4.9 Difrakční opticky variabilní prvek LatitudeTM [24]

Na polymerní bankovky je možné umístit ochranné prvky DOVD od řady dalších dodavatelů. Prvek DOVD se v tomto případě aplikuje na substrát až po dokončení procesu jeho výroby a před použitím intaglio tisku. Umístěn může být buď ve formě proužku, nebo jako políčko kdekoli na bankovce včetně polymerního okna. [24]

Příkladem vloženého DOVD prvku třetí strany je KINEGRAM ZERO.ZERO[®] od společnosti Kurz. Ochranný prvek může mít na jednom fóliovém proužku nebo políčku několik difrakčních obrázků. Během výroby prvku je aplikován proces velice přesné částečné metalizace. Pouze na vybraných částech fólie je zachována tenká vrstva hliníku, jež umožní zobrazit difrakční obrázek. Díky zachování průhledných částí je fólie lépe integrovatelná do celkového designu bankovky. [31]

Technologie KINEGRAM REVIEW[®] v kombinaci s fóliovým proužkem umístěným do polymerního okna umožní zobrazit odlišné difrakční obrázky při pohledu na přední a zadní stranu bankovky. Takto vytvořený ochranný prvek je viditelný při dopadu i odrazu světla. Je jednoduše identifikovatelný a současně poskytuje vysokou ochranu proti padělání. [32]



Obr. 4.10 Difrakční opticky variabilní prvek KINEGRAM ZERO.ZERO®; \$5, 2016, Austrálie [31]



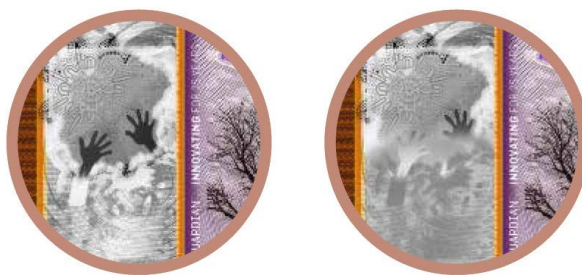
Obr. 4.11 Difrakční opticky variabilní prvek KINEGRAM REVIEW® [32]

4.1.10 Lentikulární tisk

Lentikulární tisk je speciální technika, pomocí které lze vytvořit kontrastně proměnlivý obraz, obraz s animací nebo prostorový obraz. Počítačem vygenerovaný obraz je vytisknut a překryt vrstvou složenou ze speciálních mikroskopických, tzv. lentikulárních, čoček. Pod různými pozorovacími úhly čočky zobrazí jinou část tohoto obrazu. [33]

Lentikulární tisk jako ochranný prvek může být na polymerní bankovky aplikován dvěma způsoby. Jako fólie nanesená na vrstvu s ofsetovým tiskem nebo vložením čoček přímo do substrátu. Ve druhém zmíněném případě jsou čočky umístěny na přední stranu substrátu a natisknutý obraz na stranu zadní. Toto řešení umožní využít celou hloubku substrátu a ochranný prvek je tak velmi náročné napodobit. [34, 24]

Na obrázku 4.12 je ukázka ochranného prvku HorizonTM integrovaného do substrátu GuardianTM. Použité ultra tenké ($12\mu m$) čočky vytvářejí dynamickou změnu kontrastu při různých pozorovacích úhlech.



Obr. 4.12 Ochranný prvek s lentikulárními čočkami – Horizon™ [24]

4.1.11 Mikroperforace

Mikroperforace je technologie prostřednictvím, které jsou do bankovky vysoce výkonným laserem vypáleny mikroskopické otvory. Ty mohou být uspořádaný tak, aby vytvořili obrazec, znak či číslo. Mikroperforace se zviditelní při pohledu proti světlu. [35]



Obr. 4.13 Mikroperforace [35]

4.2 Sekundární ochranné prvky

4.2.1 Mikrotisk

Mikrotisk, též mikropísmo, je tradiční ochranný prvek u všech typů bankovek. Natisknuté prvky nejsou pouhým okem viditelné. K jejich kontrole je zapotřebí použít například zvětšovací lupu. Mikrotisk může mít podobu proužků, křivek, obrázků, a dokonce i stínových obrázků. U padělků je mikrotisk obvykle nečitelný. [24]



Obr. 4.14 Mikrotisk; £ 10, 2017, Anglie [36]

4.2.2 Difrakčně optický element

Difrakčně optický element (Diffraction Optical Element, DOE) je v podstatě difrakční mřížka, která umožňuje rozdělení jediného paprsku z koherentního zdroje na více paprsků s využitím efektů difrakce. [37]

Příkladem ochranného prvku s difrakčně optickým elementem je skrytý obrázek umístěný do polymerního okna. Obrázek se zobrazí při pohledu na polymerní okno proti bodovému zdroji světla. V jiném případě, je-li zdroj světla namířen na průhledné polymerní okno, může být obrázek viditelný také jako projekce na nejbližší ploše za ním. Výhodou této technologie je možnost rozpoznat ochranný prvek v noci či šeru. [27]



Obr. 4.15 Difrakčně optický element (DOE) [38]

Technologie tohoto ochranného prvku se neustále vyvíjí s cílem udržet si náskok před padělateli. Zobrazený obrázek postupně získal větší jas, ostrost a velikost. Může být středově symetrický, asymetrický, a dokonce i navozovat pohybový efekt při naklonění bankovky ze strany na stranu. Další úroveň ochrany může poskytnout ochranná vrstva překrývající difrakčně optický prvek. Snižuje možnost zreplikovat jeho vnitřní strukturu a současně jej chrání před znečištěním. [38]

4.2.3 Fluorescentní barva

Fluorescentní barva umožňuje vytvořit na bankovce skrytý graficky ochranný prvek, který se zviditelní pod zdrojem ultrafialového (UV) světla. Dvě fluorescentní barvy mohou být za normálního denního světla pozorovatelné jako jedna barva, ale pod UV světelným zdrojem se rozzáří jako dvě odlišné výrazné barvy. Pomocí fluorescentních barev mohou být vytvořené barevné bloky, linie i mikropísmo. [39]



Obr. 4.16 Grafický prvek z fluorescentní barvy viditelný na normálním denním světle (vlevo) a pod UV světlem (vpravo) [39]

4.3 Terciální ochranné prvky

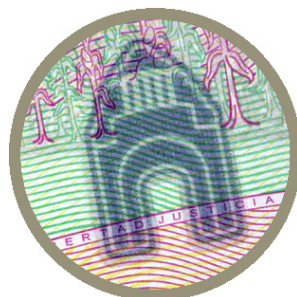
4.3.1 D-CODE™

Pravost a nominální hodnotu lze u polymerních bankovek ze substrátu Guardian™ ověřit pomocí unikátní technologie D-CODE™. Skrytý bezpečnostní prvek obsahuje jedinečný kód vložený do substrátu. Každá bankovka získá unikátní kód. Ten může být rozpoznán ze strany centrální banky pomocí vysokorychlostních detekčních systémů. [24]

Technologie D-CODE™ je výsledkem výzkumu v oblasti nanotechnologií. Je používána spolu s prvkem Metalix™, viz kapitola 4.1.8. Tím, že se jedná o neviditelný a technicky pokročilý ochranný prvek, je jeho napodobení pro příležitostné i poloprofesionální padělatele nedosažitelné. [24]

4.3.2 Magnetická barva

Speciální magnetické barvy se nanášejí během výroby substrátu. Je možné vytvořit vzory odlišné tvarem i velikostí a jednoduše je integrovat do celkového designu bankovky. Magnetické barvy jsou strojově čitelné. Umožní například centrální bance ověřit pravost bankovek. [24]



Obr. 4.17 Grafický prvek z magnetické barvy [24]

5 LUMINISCENCE

Luminiscence je světelný jev, který má praktické využití v řadě odvětví, jako jsou telekomunikace, zdravotnictví, osvětlovací technika a v neposlední řadě také bezpečnost (například v podobě ochranného prvku bankovek).

5.1 Definice

Pojem luminiscence byl poprvé představen v roce 1888 německým fyzikem Eilhardem Wiedemannem. Odvozen je z latinského slova *lumen*, což znamená světlo. [40]

Německý vědec Max Planck předložil hypotézu, že světlo není šířeno spojitě, ale v malých částicích zvaných foton, jejichž energie roste s kratší vlnovou délkou světla, respektive s jeho vyšší frekvencí. V roce 1900 se mu pomocí tohoto předpokladu podařilo popsat emisní spektrum tepelného záření tělesa, později se hovoří o tzv. Planckově zákonu. Energie tělesa je vyzařována ve formě elektromagnetických vln a těleso energii nejen vyzařuje, ale současně ji také přijímá, aby byla zachována rovnováha. Jedná se o rovnovážném záření popsaném Planckovým zákonem. [40]

Luminiscence je definována jako „*nerovnovážné záření, vysílané tělesem navíc oproti rovnovážnému záření popsanému Planckovým zákonem.*“ [40] Jinak řečeno luminiscence pevných látek je přebytek elektromagnetického záření emitovaného pevnou látkou nad jejím rovnovážným zářením. [41]

Schopnost vysílat luminiscenční záření mají látky, které vedou hůře elektrický proud, tedy izolátory a polovodiče. Aby látka mohla luminiskovat, musí získat potřebné množství energie, jež s sebou odnáší ve formě fotonů. Proces dodání této energie je označován jako buzení (či excitace) luminiscence a může mít různé formy, podle nichž se rozlišují druhy luminiscence. Luminiscence nastává, když elektron molekuly získává excitační energii a přechází mezi molekulovými orbitaly. [40]

Aby se dalo hovořit o luminiscenci, musí mít záření čas rozpadu mnohem delší, než je perioda kmitů světelných vln, tedy 10^{-14} až 10^{-15} . Zjednodušeně můžeme luminiscenci podle délky doby jejího trvání rozdělit na fluorescenci a fosforescenci.

- *Fosforescence* – světelné záření trvající dlouhodobě po ukončení excitace.
- *Fluorescence* – světelné záření s velice krátkou dobou rozpadu po ukončení excitace, vymizí téměř okamžitě.

5.2 Druhy luminiscence

- **Fotoluminiscence** – excitace pomocí světla. Vlnová délka excitovaného světla (λ_{ex}) je kratší než vlnová délka luminiscence (λ_{em}). Vztah $(\lambda_{ex}) \leq (\lambda_{em})$ se nazývá

Stokesův zákon.

- **Elektroluminiscence** – vzniká jako důsledek aplikace elektrického pole a příslušného elektrického proudu procházejícího látkou.
- **Chemiluminiscence** – je doprovázena určitými typy exotermických chemických reakcí. Uvolněné teplo nebo jeho část je vyzařována v podobě světla.
- **Bioluminiscence** – doprovází chemiluminiscenci s určitými biochemickými reakcemi, které probíhají v živých organismech.
- **Katodoluminiscence** – vzniká, když elektronový paprsek s velkou energií (102-103 eV) dopadá na luminiscenční obrazovku.
- **Mechanoluminiscence** – v některých případech je světlo (obvykle jako krátký záblesk) emitováno při mechanické deformaci pevných látek.
- **Termoluminiscence** – nastává, když je pevná látka ochlazená na nízkou teplotu, poté je excitována zdrojem elektromagnetického záření s krátkou vlnovou délkou, a nakonec je postupně ohřívána, což je doprovázeno luminiscencí.
- **Rentgenoluminiscence** – excitace pomocí rentgenových paprsků, podobné s fotoluminiscencí.
- Lze se setkat i s dalšími termíny jako **sonoluminiscence** (excitace akustickými nebo ultrazvukovými vibracemi), **triboluminiscence** (vzniká při tření, když je materiál rozdrcen nebo poškrábán). [41]

5.3 Luminiscenční spektroskopie

Spektroskopie je vědní obor zabývající se studiem interakce elektromagnetického záření s látkou. Spektroskopie je také analytická metoda pro studium struktur atomů a molekul. Používá se pro analýzu širokého spektra vzorků. [42]

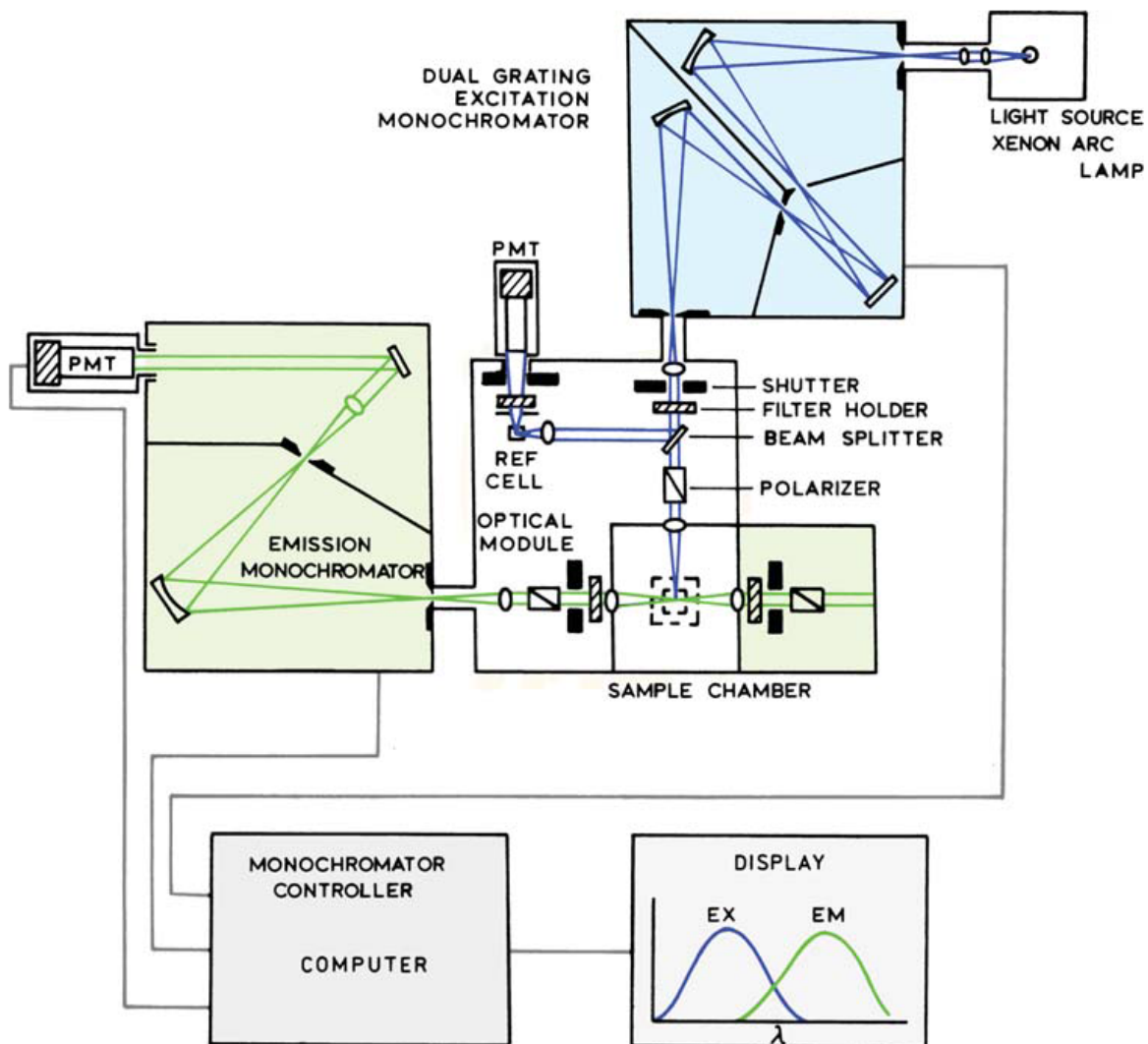
Luminiscenční spektroskopie je experimentální spektroskopická metoda, jejíž cílem je rozložit luminiscenční záření do spektra, které je následně detekováno a zaznamenáno. [41]

Postup základní luminiscenční spektroskopie je následující. Zdroj excitace dodá vzorku excitační energii. Následně je luminiscenční záření rozptýleno ve spektrálním zařízení a optický signál je detektorem převeden na signál elektrický. Ten je zpracován elektronickým zařízením a na konec i řídicím počítačem. Výstupem je graf znamenávající intenzitu luminiscence v závislosti na emisní vlnové délce, tj. emisní spektrum. [41]

Luminiscenční spektroskopie se tedy neobejde bez několika klíčových komponent.

- **Zdroj excitace** – v případě fotoluminiscence například xenonová oblouková lampa.
- **Monochromátor** – zařízení, které rozptýlí analyzovaný světelný signál do spektra pomocí disperzního prvku (mřížka, hranol) a nasměruje monochromatickou část spektra na výstupní šěrbinu. V případě fotoluminiscence slouží také pro nastavení vlnové délky zdroje excitovaného světla.
- **Fotodetektor** – citlivý detektor schopný zachytit spektrálně rozptýlený luminiscenční signál. Jako fotodetektor se volí například fotonásobič (PMT), lavinová dioda nebo CCD kamera.
- **Spektrograf** – jiná varianta zařízení, které rozkládá světlo. Na rozdíl od monochromátoru nemá pohyblivý disperzní element, rozptýlené světlo dopadá na multikanálový detektor (např. pole fotodiod, nebo CCD kamery).
- **Spektrometr** – kompletní zařízení určené pro měření optických emisních spekter. Skládá se z monochromátoru (případně spektrografu) propojeného s detektorem. [41]

Na obrázku 5.1 je znázorněno schéma fluorescenčního spektrometru. Zdrojem excitačního světla je u tohoto zařízení xenonová lampa. Přítomny jsou dva motorizované monochromátory – jeden pro nastavení vlnové délky excitačního světla a druhý pro záznam emisních vlnových délek. Fluorescence je detekována pomocí fotonásobiče (PMT). Zařízení dále obsahuje závěrky, které mohou podle potřeby eliminovat průchod excitačního nebo emisního světla, a odjímatelné polarizátory pro měření anizotropie luminiscence.



Obr. 5.1 Schéma fluorescenčního spektrometru [36]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 OCHRANNÉ PRVKY VYBRANÝCH BANKOVEK

V první kapitole praktické části budou popsány ochranné prvky vybraných bankovek, které lze identifikovat pomocí běžných prostředků jako je lupa, scanner či mobilní telefon. Analyzovány budou bankovky z Austrálie, Nového Zélandu, Velké Británie, Mexika, Malediv a Hong Kongu.

6.1 Bankovka Austrálie, 5 dolarů, 2006

6.1.1 Popis bankovky

Vybraná bankovka s nominální hodnotou 5 australských dolarů pochází z emise v roce 2006. V této podobě byla bankovka vydávána mezi lety 1995-2015. Jedná se o barevně upravenou verzi první australské polymerní bankovky, která byla dána poprvé do oběhu v roce 1992. Vyrobená je ze substrátu GuardianTM. Bankovka již vykazuje silné opotřebení.

Na averzní straně bankovky (obrázek 6.1) je uprostřed vyobrazen portrét královny Alžběty II. spolu s větvičkou z eukalyptu v levé části.

Na reverzní straně (obrázek 6.2) je znázorněna stará a nová budova australského parlamentu.

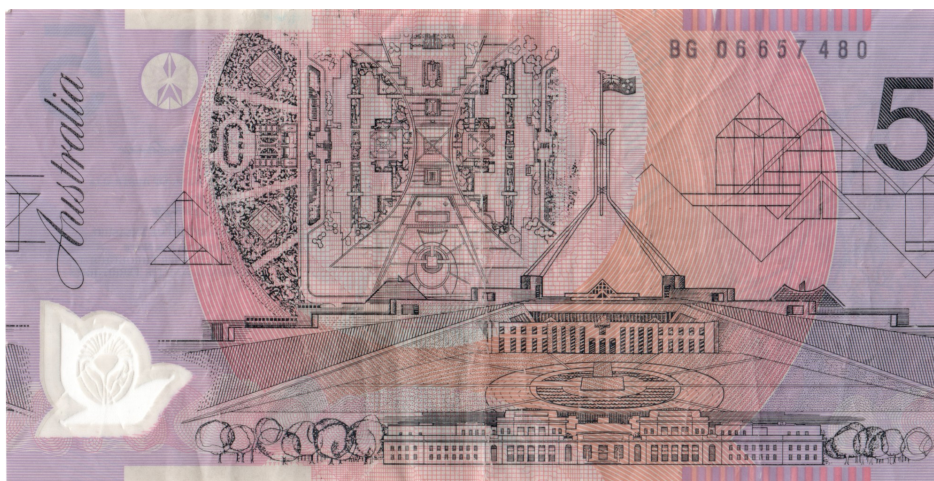


Obr. 6.1 Bankovka Austrálie; 5 AUD; 2006; averz

6.1.2 Ochranné prvky

Na bankovce byly identifikovány následující ochranné prvky:

- **transparentní polymerové okno** (obrázek 6.3) – na averzní straně v pravém dolním rohu je umístěno polymerové okno s obrázkem květu eukalyptu;



Obr. 6.2 Bankovka Austrálie; 5 AUD; 2006; reverz

- **mikrotisk** (obrázek 6.4) – na averzní straně v levém horním rohu je umístěn mikrotisk s uvedením nominální hodnoty ve formě textu;
- **stínový obrázek** (obrázek 6.5) – na averzní straně v části nad větvičkou z eukalyptu se při pohledu proti světlu zviditelní stínový obrázek zobrazující australský erb;
- **sériové číslo** – na reverzní straně, v pravém horním rohu;
- **soutisková značka** (obrázek 6.6) – na averzní straně vpravo nad podpisem guvernéra banky a na reverzní straně vlevo nahoře se nachází části obrazce, které se díky přesnému ofsetovému tisku při pohledu proti světlu zkompletují a vznikne obraz sedmicípé hvězdy;
- **intaglio tisk** – hmatem lze rozeznat vyvýšené barvy portrétu a dalších elementů.



Obr. 6.3 Polymerové okno; 5 AUD; 2006; avers (vlevo), reverz (vpravo)



Obr. 6.4 Mikrotisk; 5 AUD; 2006; averz



Obr. 6.5 Stínový obrázek; 5 AUD; 2006; averz



Obr. 6.6 Soutiskový obrazec; 5 AUD; 2006; averz (vlevo), revers (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)

6.2 Bankovka Nový Zéland, 10 dolarů, 2013

6.2.1 Popis bankovky

Novozélandská bankovka s nominální hodnotou 10 dolarů pochází z emise z roku 2013. V této podobě byla bankovka vydávána mezi lety 1999-2014. Patří do tzv. šesté série bankovek vydaných Reserve Bank of New Zealand a současně do první, která byla vyrobena z polymerního substrátu, v tomto případě substrátu GuardianTM.

Na averzní straně bankovky (obrázek 6.7) je umístěn portrét Kate Sheppardové, novozélandské poličky bojující za práva žen, a obrázek bílé kamélie, symbolu boje žen za získání volebního práva na Novém Zélandu.

Na reverzní straně (obrázek 6.8) se nachází motivy novozélandské přírody. Domínuje mu obrázek kachen měkkozobých a kapradí.



Obr. 6.7 Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2013; averz



Obr. 6.8 Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2013; reverz

6.2.2 Ochranné prvky

Na bankovce byly identifikovány následující ochranné prvky:

- **dvě transparentní polymerová okna** – jedno ve tvaru kapradí a druhé oválné s reliéfní ražbou zobrazující nominální hodnotu bankovky (obrázek 6.9);
- **mikrotisk** (obrázek 6.10) – na averzní straně v pravé dolní části je umístěn mikrotisk s opakujícími se znaky „NZ“ a podél spodního okraje portrétu mikrotisk se znaky „RBNZ“;
- **stínový obrázek** (obrázek 6.11) – na averzní straně, vpravo od portrétu ve středové části, se při pohledu proti světlu zviditelní stínový obrázek s podobiznou královny Alžběty II.;
- **sériové číslo** – na averzní straně je sériové číslo uvedeno hned dvakrát, v pravém horním rohu a ve svislé podobě v levém horním rohu;
- **intaglio tisk** – na averzní straně v levém dolním rohu lze hmatem rozeznat vyvýšené barvy velkého čísla nominální hodnoty i mikrotisku a v dalších částech bankovky texty v tmavé barvě.



Obr. 6.9 Polymerové okno (vlevo) a polymerové okno s reliéfem (vpravo); 10 NZD; 2013; averz



Obr. 6.10 Mikrotisk; 10 NZD; 2013; averz



Obr. 6.11 Stínový obrázek;
10 NZD; 2013; averz

6.3 Bankovka Nový Zéland, 10 dolarů, 2015

6.3.1 Popis bankovky

Další novozélandská bankovka s nominální hodnotou 10 dolarů pochází tentokrát z emise z roku 2015. Bankovka je součástí nejnovější, celkově již sedmé, série bankovek, které byly dány do oběhu v témže roce. Bankovka je opět vyrobena ze substrátu GuardianTM.

Na averzní straně bankovky (obrázek 6.12) je, podobně jako u šesté série, umístěn portrét Kate Sheppardové a obrázek bílé kamélie.

Na reverzní straně (obrázek 6.13) se nachází opět motivy novozélandské přírody – kachny měkkozobé, kapradí a listy rostliny z rodu *Dracophyllum*.



Obr. 6.12 Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2015; averz

6.3.2 Ochranné prvky

Na bankovce byly identifikovány následující ochranné prvky:



Obr. 6.13 Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2015; revers

- **dvě metalizovaná polymerová okna** – jedná se o velké polymerové okno s vloženým prvkem KINEGRAM ZERO.ZERO[®], při pohledu na averz v jeho pravé části. Ten obsahuje metalické prvky zobrazující nominální hodnotu bankovky, včetně plasticky působící nominální hodnoty, mikrotext, obrázek kachny měkkozobé, kapradí a mapu Nového Zélandu (obrázek 6.14). Ve spodní části polymerového okna je vyražený reliéf zobrazující nominální hodnotu bankovky. Přes druhé menší okno, při pohledu na averz v jeho levé části, je nanesen metalický obraz ve tvaru kachny, uvnitř něhož se při pohledu proti světlu zobrazí silueta kapradí. Při pohledu z reverzní strany je v menším okně vidět metalizovaný obrázek kapradí 6.15;
- **mikrotisk** (obrázek 6.16) – mikrotisk je na bankovce umístěn hned na několika místech. Například na averzní straně se vyskytuje v okolí portrétu v podobě opakujících se znaků „10“. Další mikrotisk vyplňuje plochu nominálního čísla u spodního okraje, jak na averzní (opakující se znaky „RBNZ“), tak také na reverzní straně (opakující se znaky „10NZD“);
- **sériové číslo** – na averzní straně je sériové číslo uvedeno dvakrát, v levém dolním rohu a ve svislé podobě v pravém horním rohu;
- **soutisková značka** (obrázek 6.17) – na averzní straně vlevo od obrázku kamélie a na reverzní straně vpravo od obrázku kachny se nachází části obrazce, které se při pohledu proti světlu zkompletují a zobrazí nominální hodnotu;
- **intaglio tisk** – na averzní straně lze hmatem rozeznat vyvýšené barvy v oblasti portrétu, velkého čísla nominální hodnoty u dolního okraje a okolí signatury, na reverzní straně se jedná také o číslo s nominální hodnotou u dolního okraje a oblast okolo obrázku kachny.



Obr. 6.14 Polymerové okno a s KINEGRAM ZERO.ZERO®; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), reverz (vpravo)



Obr. 6.15 Polymerové okno; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)



Obr. 6.16 Mikrotisk; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), averz (uprostřed), reverz (vpravo)



Obr. 6.17 Soutiskový obrazec; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)

6.4 Bankovka Velká Británie, 5 liber, ND(2016-2019)

6.4.1 Popis bankovky

Vybraná bankovka s nominální hodnotou 5 liber pochází ze série, která se dostala do oběhu poprvé v roce 2016. Jedná se o první polymerní bankovku vydanou Bank of England. Bankovka je vyrobena ze substrátu Guardian™.

Averzu bankovky (obrázek 6.18) dominuje v pravé části portrét královny Alžběty II. Dalšími výraznými prvky jsou budova Bank of England ve středové části, koruna svatého Eduarda vlevo nahoře, pod ní umístěná Alžbětina věž a v levém dolním rohu logo Bank of England.

Na reverzní straně (obrázek 6.19) se ve středové části nachází portrét briského premiéra Winstona Churchilla. Vlevo od něj v pozadí je zobrazena medaile Nobelovy ceny, kterou obdržel za literaturu, a Westminsterský palác, sídlo britského parlamentu. Vpravo nahoře je kruhový symbol, jež odkazuje na bludiště u paláce Blenheim, kde se Winston Churchill narodil.



Obr. 6.18 Bankovka Velká Británie; 5 GBP; ND(2016-2019); averz

6.4.2 Ochranné prvky

Na bankovce byly identifikovány následující ochranné prvky:

- **dvě metalizovaná polymerová okna** – při pohledu na averz se vlevo uprostřed nachází velké polymerové okno (obrázek 6.20). Ve středu okna je umístěn metalický prvek zlaté barvy v podobě Alžbětiny věže, prvek je součástí fólie s technologií KINEGRAM COLORS®. V levé části okna je pak dále viditelný portrét královny Alžběty a v pravé části symbol libry. Při pohledu z reverzní strany má Alžbětina věž stříbrnou barvu. Okraj okna i symbol libry jsou iridescentní, barva se mění z fialové na zelenou při naklonění bankovky. Efekt je pozorovatelný jak

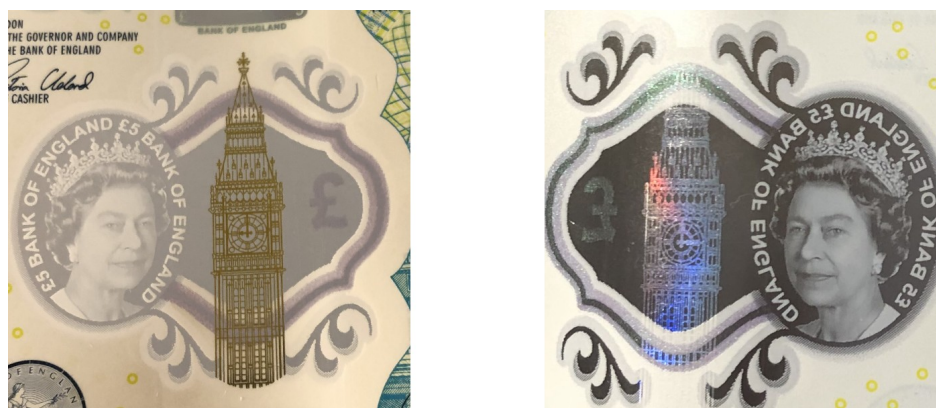


Obr. 6.19 Bankovka Velká Británie; 5 GBP; ND(2016-2019); reverz

z averzní, tak i reverzní strany.

Druhé menší polymerové okno (obrázek 6.21), umístěné nad větším oknem, je na averzní straně překryto metalickým prvkem s obrazem koruny svatého Eduarda. Koruna působí plasticky a při náklonu se barevně mění. Kromě koruny se zde nachází také symbol libry a nominální hodnota. Z reverzní strany je menší polymerové okno překryto metalickým prvkem zelené barvy s nápisem „BLENHEIM“;

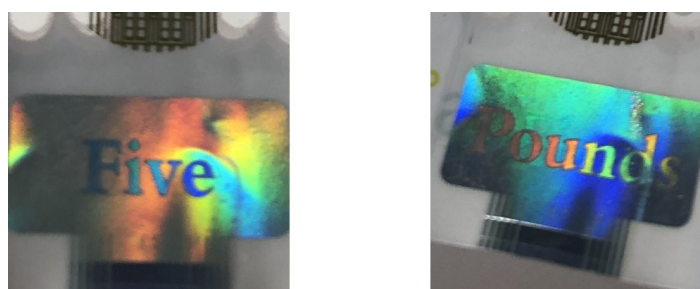
- **holografický prvek** (obrázek 6.22) – na averzní straně vlevo u dolního okraje je metalický holografický prvek. V závislosti na úhlu pozorování se mění barvy a slovo „Pounds“ je nahrazeno za „Five“;
- **mikrotisk** (obrázek 6.23) – na averzní straně v části pod portrétem je umístěn mikrotisk, kde se opakuje slovo „FIVE“ a znaky „5“ a „*“;
- **sériové číslo** – na reverzní straně je sériové číslo uvedeno dvakrát, v pravém dolním rohu s barevným přechodem a ve svislé podobě v levém horním rohu;
- **intaglio tisk** – na averzní straně lze hmatem rozeznat vyvýšené barvy v oblasti portrétu a na textech jako „Bank of England“ v horní části uprostřed a „Five Pounds“ v dolní části uprostřed;



Obr. 6.20 Polymerové okno s KINEGRAM COLORS®; 5 GBP; ND (2016-2019); averz (vlevo), reverz (vpravo)



Obr. 6.21 Metalizované polymerové okno; 5 GBP; ND(2016-2019); averz (vlevo), reverz (vpravo)



Obr. 6.22 Holografický prvek; 5 GBP; ND(2016-2019); averz



Obr. 6.23 Mikrotisk; 5 GBP; ND(2016-2019); averz

6.5 Bankovka Mexiko, 20 pesos, 2010

6.5.1 Popis bankovky

Vybraná bankovka s nominální hodnotou 20 pesos byla vyrobena v roce 2010. Patří do série, která je v oběhu od roku 2007. Jde o druhou sérii polymerní bankovky s danou nominální hodnotou. Bankovka je vyrobena ze substrátu Guardian™.

Na averzu vyniká portrét Benita Juareze (obrázek 6.24), významného mexického politika a prezidenta. Vlevo od něj se nachází obrázek knihy a váh.

Přes téměř celou reverzní stranu se rozprostírá obrázek s pohledem na archeologické naleziště na hoře Monte Albán (obrázek 6.25). Jedná se o historicky cennou lokalitu patřící mezi památky UNESCO. Dále jsou zde vyobrazeny dva nalezené artefakty – na levé straně náušnice a níže vpravo část masky boha uctívaného tehdejší civilizací.



Obr. 6.24 Bankovka Mexiko; 20 MXN; 2010; averz

6.5.2 Ochranné prvky

Na bankovce byly identifikovány následující ochranné prvky:

- **dvě polymerová okna** – na averzní straně vpravo dole se nachází transparentní okno s vyraženým reliéfem zobrazující nominální hodnotu (obrázek 6.26). Přes okno je ve tvaru ornamentu nanесena opticky variabilní barva. Levá horní část okna je poloprůhledná a nese nominální hodnotu, taktéž z OVI barvy. Z reverzní strany je poloprůhledná část s nominální hodnotou umístěna v levé dolní části polymerového okna.

Druhé okno se nachází na averzní straně v levém horním rohu (obrázek 6.27).



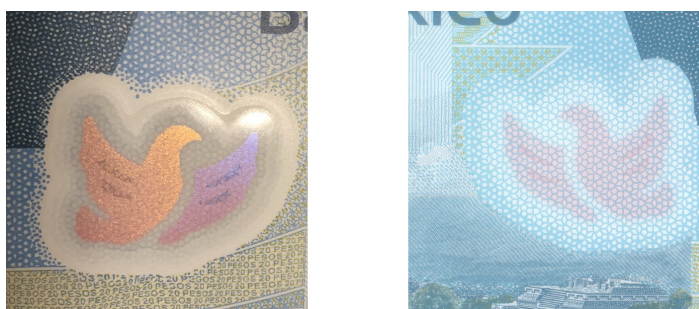
Obr. 6.25 Bankovka Mexiko; 20 MXN; 2010; revers

Okno je poloprůhledné a uvnitř se nachází z OVI barev vytvořený obrázek holubice;

- **mikrotisk** (obrázek 6.28) – na averzu se mikrotisk nachází vlevo pod obrázkem holubice a na reverzu vede od středu horního okraje níže doleva. Mikrotextem je zde opakovaně uvedena nominální hodnota bankovky, „20 PESOS“;
- **stínový obrázek** (obrázek 6.29) – na averzní straně, vpravo od portrétu ve středové části, se při pohledu proti světlu zviditelní stínový obrázek s podobiznou Benita Juareze;
- **sériové číslo** – na averzní straně je sériové číslo vlevo dole;
- **soutisková značka** (obrázek 6.30) – na averzní straně v pravém horním rohu a na reverzní straně v levém horním rohu se nachází části obrazce, které se při pohledu proti světlu zkompletují a zobrazí mapu Mexika a kompas;
- **intaglio tisk** – na averzní straně na textu v levé horní části, nominální hodnotě umístěné v levém dolním rohu, obrázku vah a knihy a na části portrétu je hmatem rozeznatelná nanesená vyvýšená barva.



Obr. 6.26 Polymerové okno s reliéfem; 20 MXN; 2010; averz proti světlu (vlevo), reverz (vpravo)



Obr. 6.27 Polymerové okno s OVI barvou; 20 MXN; 2010; averz (vlevo), reverz (vpravo)



Obr. 6.28 Mikrotisk; 20 MXN; 2010; averz



Obr. 6.29 Stínový obrázek;
20 MXN; 2010; averz



Obr. 6.30 Soutiskový obrazec; 20 MXN; 2010; averz (vlevo), revers
(uprostřed), averz proti světlu (vpravo)

6.6 Bankovka Maledivy, 10 rupií, ND(2016-2019)

6.6.1 Popis bankovky

Vybraná bankovka s nominální hodnotou 10 maledivských rupií pochází ze série, která měla první emisi v roce 2016. Jedná se o první sérii polymerní bankovky v této nominální hodnotě. Bankovka je vyrobena ze substrátu Safeguard®.

Na averzu je několik motivů z maledivské kultury. V pravé části je obrázek, tzv. todody tappera, muže jehož úkolem je lézt na vrcholky palm a sbírat bílou mizu, z které poté vyrábí alkoholický nápoj. Ve středové části v pozadí je vyobrazena skupina lidí hrající na tradiční hudební nástroje.

Na reverzní straně je vyobrazen nejstarší maledivský buden.



Obr. 6.31 Bankovka Maledivy; 10 MVR; ND(2016-2019); averz



Obr. 6.32 Bankovka Maledivy; 10 MVR; ND(2016-2019); revers

6.6.2 Ochranné prvky

Na bankovce byly identifikovány následující ochranné prvky:

- **transparentní polymerové okno** (obrázek 6.33) – na averzu v levé části uprostřed je umístěno transparentní polymerové okno s vyraženým reliéfem zobrazujícím nominální hodnotu;
- **iridescentní barva** (obrázek 6.34) – téměř celý averz je pokryt ornamenty z iridescentní barvy;
- **mikrotisk** (obrázek 6.35) – na averzu vpravo dole a reverzu vlevo nahoře se nachází opakující se mikrotisk s nominální hodnotou v číselné i slovní podobě;
- **stínový obrázek** (obrázek 6.36) – na averzní straně vlevo od polymerového okna se při pohledu proti světlu zviditelní malý stínový obrázek se státním znakem Malediv;
- **sériové číslo** – na averzní straně je sériové číslo uvedeno hned dvakrát, v levé části dole a ve svislé podobě v pravém horním rohu, kde první symbol sériového čísla je v maledivštině;
- **mikroperforace** (obrázek 6.37) – na averzní straně nad polymerovým oknem jsou prostřednictvím technologie mikroperforace vytvořena písmena, jež tvoří iniciálovou zkratku maledivské centrální banky;
- **intaglio tisk** – na reverzní straně je hmatem dobře rozeznatelná vyvýšená barva na obrázku bubnu.



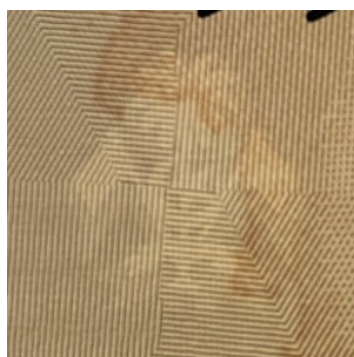
Obr. 6.33 Polymerové okno s reliéfem; 10 MVR; ND(2016-2019); averz (vlevo), reverz (vpravo)



Obr. 6.34 Iridescentní barva; 10 MVR; ND(2016-2019); averz



Obr. 6.35 Mikrotisk; 10 MVR; ND(2016-2019); averz



Obr. 6.36 Stínový obrázek; 10 MVR; ND(2016-2019); averz



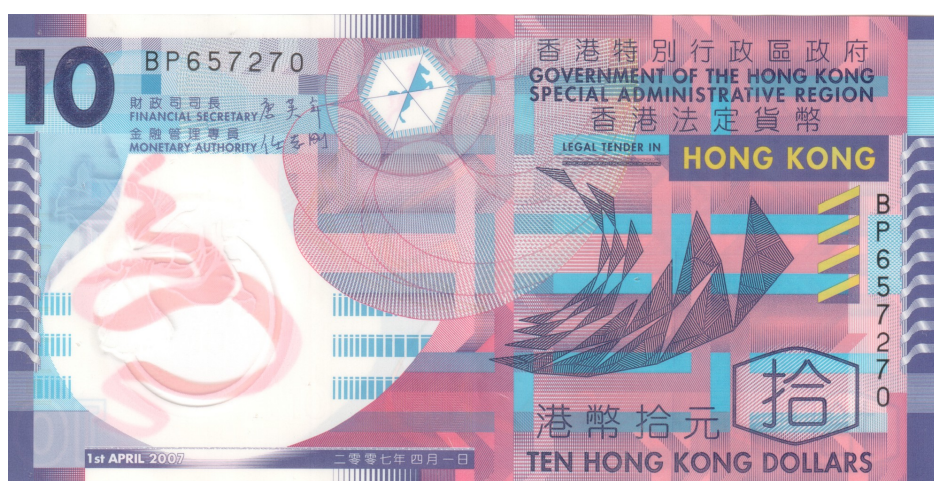
Obr. 6.37 Mikroperforace;
10 MVR; ND(2016-2019);
averz (proti světlu)

6.7 Bankovka Hong Kong, 10 dolarů, 2007

6.7.1 Popis bankovky

Vybraná bankovka s nominální hodnotou 10 hongkongských dolarů pochází z první emise v roce 2007. Jedná se o první hongkongskou polymerní bankovku v oběhu. Vyrobena je ze substrátu Guardian™.

Z averzní (obrázek 6.38) i reverzní (obrázek 6.39) strany má bankovka abstraktní design odkazující na slavnosti a moderní stavby v Hong Kongu. V polymerovém okně je z obou stran viditelný květ bauhinie, tradiční květiny, jež je také na vlajce Hong Kongu.



Obr. 6.38 Bankovka Hong Kong; 10 HKD; 2007; averz

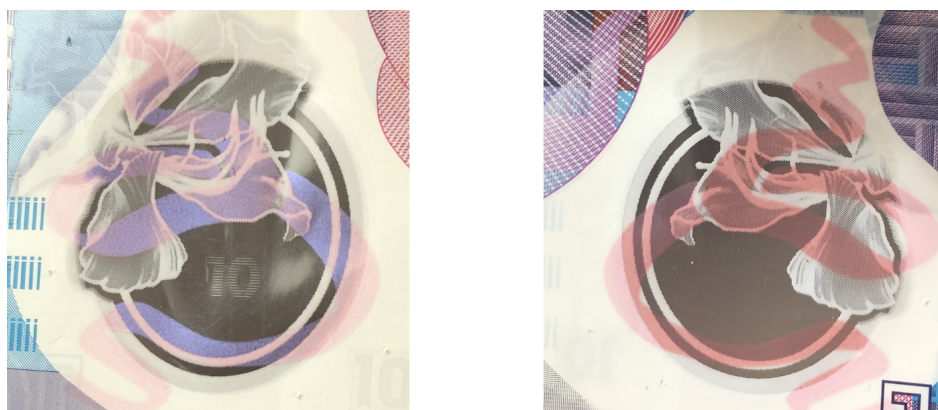
6.7.2 Ochranné prvky

Na bankovce byly identifikovány následující ochranné prvky:



Obr. 6.39 Bankovka Hong Kong; 10 HKD; 2007; reversz

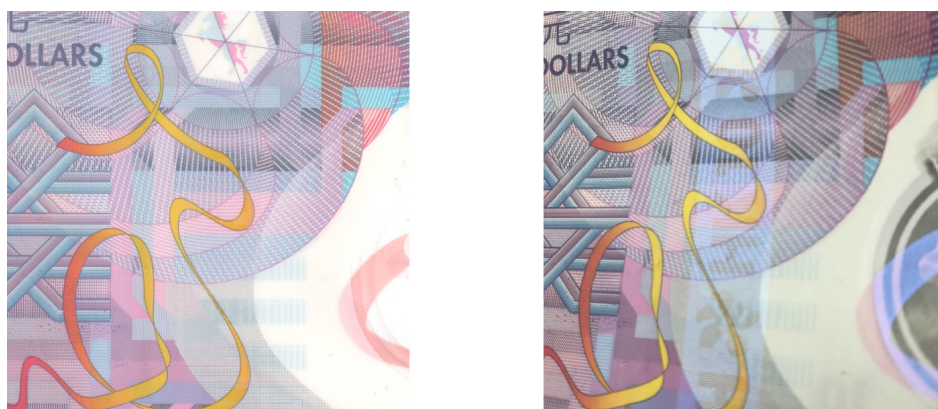
- **transparentní polymerové okno** (obrázek 6.40) – na averzní straně vlevo se nachází transparentní okno s vyraženým reliéfem zobrazujícím nominální hodnotu. Část okna je překryta obrázkem květiny a ornamentem z opticky variabilní barvy. Levá horní část okna je poloprůhledná;
- **reliéf** (obrázek 6.41) – na averzní straně u dolního okraje uprostřed se nachází reliéf, který při náklonu zobrazí nominální hodnotu;
- **iridescentní barva** (obrázek 6.42) – na reverzní straně vlevo od polymerového okna je na celou výšku pruh z iridescentní barvy. Při naklonění bankovky se zviditelní znaky „HK10“ a symbol květiny;
- **sériové číslo** – na averzní straně je sériové číslo uvedeno hned dvakrát, v levém horním rohu a ve svislé podobě u pravého okraje;
- **soutisková značka** (obrázek 6.43) – na averzní straně u horního okraje uprostřed a taktéž na reverzní straně u horního okraje uprostřed se nachází části obrazce, které se při pohledu proti světlu zkompletují a vytvoří obrázek koně;
- **intaglio tisk** – na averzní straně v pravé části je hmatem dobře rozeznatelná vyvýšená barva na ornamentu ve střední části i na textech nad a pod ním.



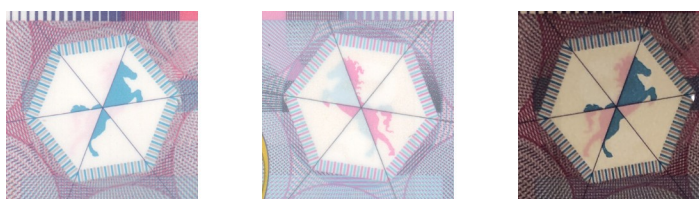
Obr. 6.40 Polymerové okno s reliéfem; 10 HKD; 2007; averz (vlevo),
rezverz (vpravo)



Obr. 6.41 Reliéf; 10 HKD; 2007; averz



Obr. 6.42 Iridescentní barva; 10 HKD; 2007; averz



Obr. 6.43 Soutiskový obrazec; 10 HKD; 2007; averz
(vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu
(vpravo)

6.8 Zhodnocení

Analýza ochranných prvků u vybraných polymerních bankovek ukázala, že všechny primární ochranné prvky bylo možné jednoduše identifikovat. U mikrotextu v některých případech postačil mobilní telefon s fotoaparátem, pro větší přiblížení byl použit také domácí skener. Iridescentní a opticky variabilní barvy a metalické prvky bylo možné identifikovat při náklonu, stínové obrázky a mikroperforaci při pohledu proti světlu. Jen v případě intaglio tisku bylo někdy potřeba většího soustředění, aby bylo možné hmatem rozpoznat jemný reliéf vytvořený nanesenou barvou.

Jak u starších, tak i nejnovějších bankovek se pracuje s polymerovým oknem a jeho integrací s dalšími ochrannými prvky. Častým ochranným prvkem byl reliéf v polymerovém okně a u novějších bankovek také metalizace okna. Pravé bankovky se od těch padělaných odlišují i přesným ofsetovým tiskem a reliéfním intaglio tiskem. Na základě získaných informací lze bezproblémově odhalit případný ne plně profesionální padělek.

7 LUMINISCENČNÍ SPEKTROSKOPIE VYBRANÝCH BANKOVEK

V této kapitole budou popsány luminiscenční vlastnosti vybraných polymerních bankovek, jež byly zkoumány pod ultrafialovým světlem.

7.1 Přístroj pro detekci luminiscence

Fluorescence bankovek byla testována pomocí ruční UV lampy UV210, výrobce Krüss (obrázek 7.1). Daný model obsahuje filtr pro krátkovlnné i dlouhovlnné ultrafialové světlo. Pozorovaná luminiscence byla zaznamenána pomocí mobilního telefonu iPhone 8 s optikou s rozlišením 12MP a clonovým číslem f1/8.

7.1.1 Specifikace lampy UV240

- Vlnová délka: 254nm a 366nm,
- Výkon: 4W,
- Rozměr: 260 x 65 x 65 mm.



Obr. 7.1 UV lampa Krüss UV240

7.2 Přístroj pro měření luminiscence

Luminiscenční spektra vybraných částí bankovek byla měřena pomocí počítačem ovládaného kompaktního spektrofluorometru PC1 od společnosti IIS (obrázek 7.2). K přístroji byly připojeny dva svazky optických vláken, kde jeden byl připojen k excitačnímu kanálu a druhý k emisnímu kanálu spektrofluorometru. Na druhém konci byly oba páry vyvedeny do externí uzavíratelné schránky.



Obr. 7.2 Spektrofluorometr IIS PC1

7.2.1 Specifikace spektrofluorometru PC1

- Zdroj excitace: xenonová lampa s výkonem 300 W , jasem 45 nW/nm při vlnové délce 275 nm ,
- Monochromátory: konkávní holografická mřížka s rozsahem vlnových délek $200 - 1200\text{ nm}$, přesnost vlnové délky $\pm 0,2\text{ nm}$,
- Detektory: boční fotonásobiče s rozsahem vlnových délek $240 - 900\text{ nm}$,
- Režim detekce: 80 MHz předzesilovač/diskriminátor pro rychlé počítání fotonů (až 8 milionů impulzů za sekundu) na třech nezávislých kanálech,
- Software : Vinci 2, OS Windows 7.

7.3 Postup měření

Vybrané bankovky byly nejprve zkoumány pod UV lampou se světlem o vlnové délce 254 nm a 366 nm . V případě, že se na bankovce objevil prvek s viditelnou luminiscencí, bylo dané místo vybráno k měření luminiscence.

V dalším kroku byla vybraná bankovka umístěna do uzavíratelné schránky a to v takové poloze, aby optická vlákna mířila na střed místa, které bylo označeno pro dané měření. Dvířka schránky se následně uzavřela, aby nemohlo dovnitř pronikat světlo z okolí (obrázek 7.3).

Na spektrofluorometru byla nastavena fixní vlnová délka excitovaného světla a dále pak rozpětí vlnových délek emisního světla, jež se má analyzovat. Excitovanému



Obr. 7.3 Uzavíratelná schránka se svazky optických vláken zapojených do spektrofotometru PC1

světlu (λ_{ex}) byla nastavena vlnová délka odpovídající ultrafialovému světlu, v tomto případě pro první měření 254 nm a pro druhé 365 nm . Vzhledem k tomu, že monochromátor dodává světlo o vlnové délce λ a současně také 2λ (s nižší intenzitou), byl rozsah pro analýzu emisního světla (λ_{em}) nastaven tak, aby odpovídal podmínce $\lambda_{ex} < \lambda_{em} < 2\lambda_{ex}$. Tedy pro $\lambda_{ex} = 254\text{ nm}$ byl zvolen rozsah od 270 nm do 490 nm a pro $\lambda_{ex} = 365\text{ nm}$ od 380 nm do 700 nm .

Naměřená intenzita emisního světla (luminiscence) pro vlnové délky ze zadaného rozsahu byla zpracována v programu Vinci 2 a uložena ve formě grafu.

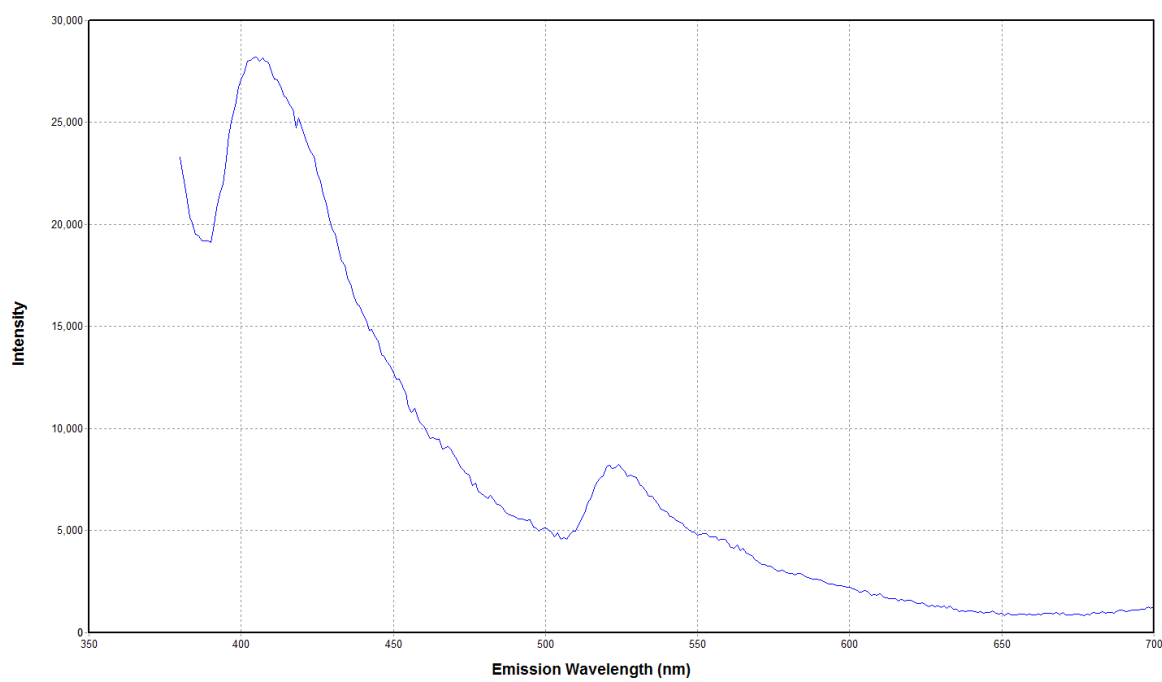
7.4 Bankovka Austrálie, 5 dolarů, 2006

Při analýze australské bankovky s nominální hodnotou 5 dolarů pod UV světlem o vlnové délce 254 nm (obrázek 7.4) a 366 nm vykazovalo luminiscenci sériové číslo nacházející se na reverzní straně. Slabá luminiscence byla taktéž zaznamenána u čtvercové plochy ve středu levé poloviny bankovky. Ostatní zviditelněné oblasti, zejména na averzu, byly pravděpodobně zapříčiněny opotřebením a znečištěním bankovky.

Luminiscence byla měřena pro oblast se žlutozeleným sériovým číslem viditelným pod UV světlem. Výsledek měření, luminiscenční spektrum, při excitaci UV světlem s $\lambda_{ex} = 365\text{ nm}$ je zaznamenán na obrázku 7.5. Nejvyšší intenzita žlutozeleně luminiscující barvy byla zaznamenána u vlnové délky 524 nm .



Obr. 7.4 Luminescence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 5 AUD; 2006; reverz



Obr. 7.5 Luminescenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 5 AUD; 2006

7.5 Bankovka Nový Zéland, 10 dolarů, 2013

Při pozorování novozélandské bankovky s nominální hodnotou 10 dolarů (verze z roku 2013) se pod UV světlem o vlnové délce 254 nm projevila výrazná luminiscence na averzu v levé dolní části (obrázek 7.6). Zobrazila se čtvercová plocha žlutozelené barvy s nominální hodnotou uvnitř. Pod UV světlem s vlnovou délkou 365 nm , taktéž na averzu, vykazovalo luminiscenci navíc svislé sériové číslo v levé horní části (obrázek 7.7).

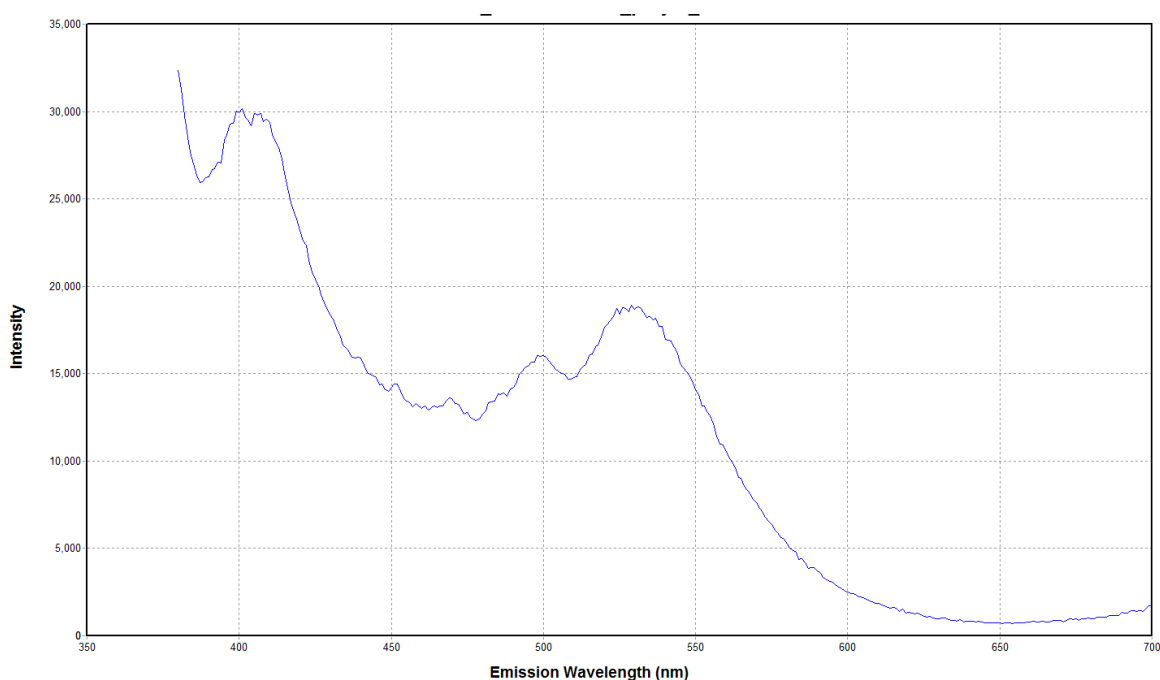


Obr. 7.6 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254\text{ nm}$; 10 NZD; 2013; averz



Obr. 7.7 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 366\text{ nm}$; 10 NZD; 2013; averz

Měření luminiscence bylo provedeno pro oblast čtverce viditelného pod UV světlem. Výsledek měření při excitaci UV světlem s $\lambda_{ex} = 365\text{ nm}$ je zaznamenán na obrázku 7.8. Pro luminiskující žlutozelenou barvu byla naměřena nejvyšší intenzita při vlnové délce 529 nm .



Obr. 7.8 Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 NZD; 2013

7.6 Bankovka Nový Zéland, 10 dolarů, 2015

Pro porovnání byla pod UV světlem zkoumána také nejnovější série novozélandské bankovky s nominální hodnotou 10 dolarů.

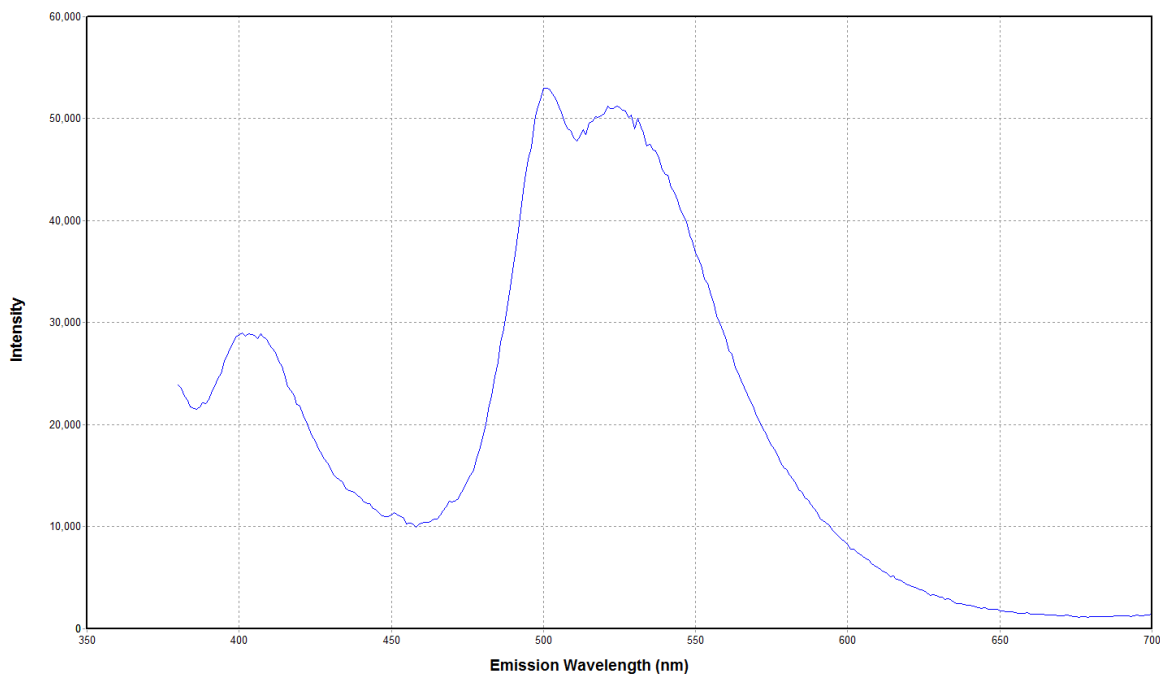
Při pozorování pod UV světlem o vlnové délce 254 nm se projevila taktéž výrazná luminescence v podobě žlutozelené čtvercové plochy s viditelnou nominální hodnotou, tentokrát v levé dolní části averzu (obrázek 7.9).



Obr. 7.9 Luminescence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 NZD; 2015; averz

Měření luminescence bylo provedeno pro oblast čtverce viditelného pod UV světlem. Výsledek měření při excitaci UV světlem s $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$ je zaznamenán na ob-

rázku 7.10. Žlutozelená barva měla nejvyšší intenzitu při vlnové délce 501 nm . V porovnání s luminiscencí obdobného prvku u starší série je intenzita luminiscence u nové série vyšší.

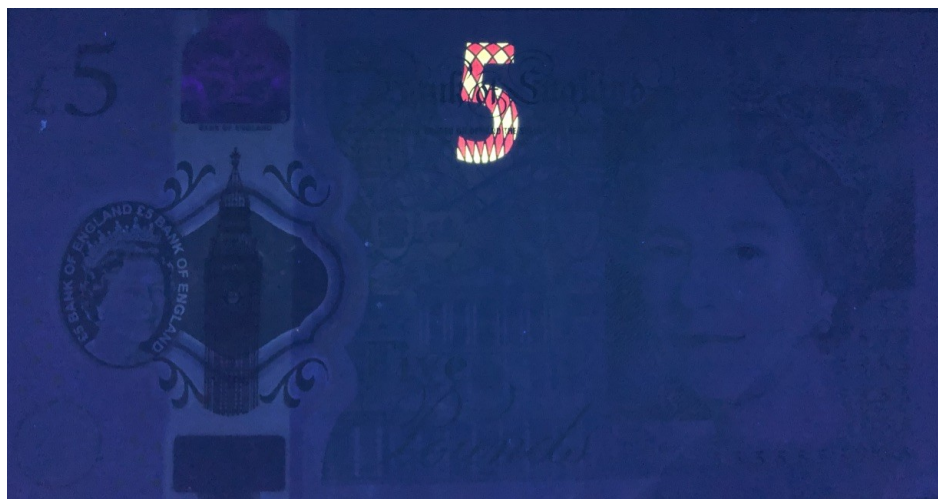


Obr. 7.10 Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365\text{ nm}$; 10 NZD; 2015

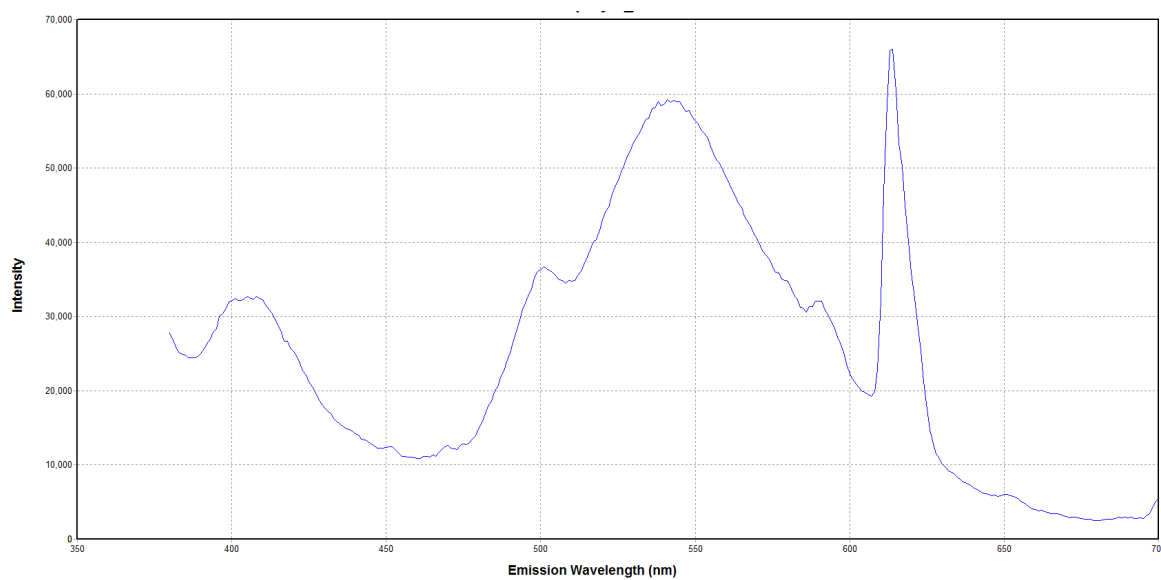
7.7 Bankovka Velká Británie, 5 liber, ND(2016-2019)

Při pozorování pod UV světlem se u britské bankovky s nominální hodnotou 5 liber projevila luminiscence na averzní straně (obrázek 7.11). U horního okraje uprostřed se zobrazila nominální hodnota složená z elementů ze žluté a červené barvy. Jiné části luminiscenci nevykazovaly.

Měření luminiscence bylo provedeno pro oblast s luminiskující nominální hodnotou. Výsledek měření při excitaci světlem s $\lambda_{ex} = 365\text{ nm}$ je zaznamenán na obrázku 7.12. Pro luminiskující červenou barvu byla naměřena nejvyšší intenzita při vlnové délce 614 nm a pro žlutou barvu 541 nm .



Obr. 7.11 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 5 GBP; ND(2016-2019); averz

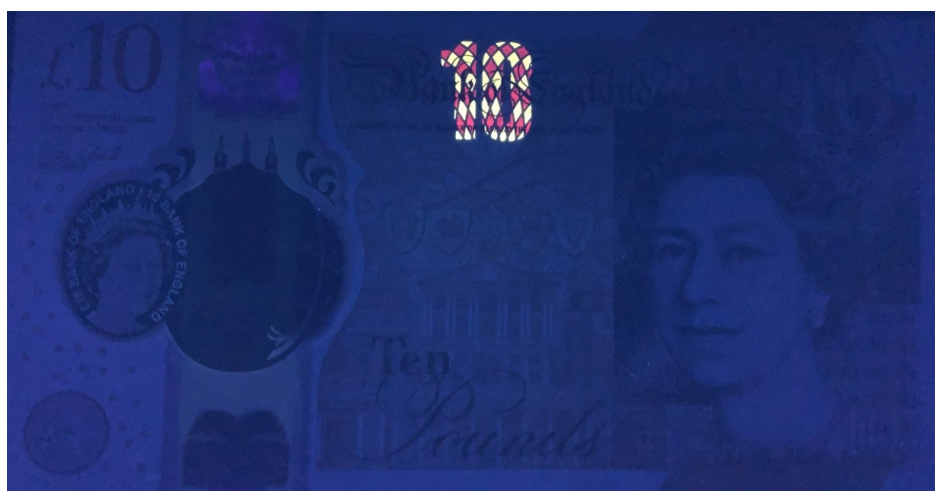


Obr. 7.12 Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 5 GBP; 2016-2019); averz

7.8 Bankovka Velká Británie, 10 liber, ND(2017-2019)

Pro porovnání s předchozím měřením byla vybrána i další britská bankovka, tentokrát s nominální hodnotou 10 liber.

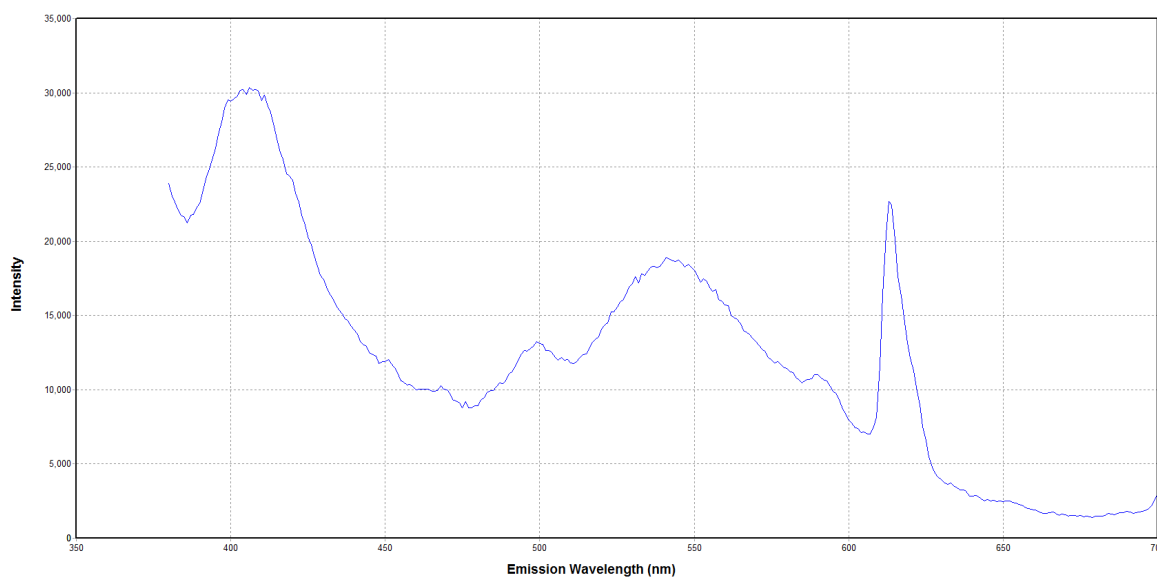
Při pozorování pod UV světlem se na totožném místě jako u britské pěti librové bankovky, na averzu u horního okraje uprostřed, zobrazila nominální hodnota složená z elementů ze zlužé a červené barvy (obrázek 7.13). Jiné části luminiscenci nevykazovaly.



Obr. 7.13 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 GBP; ND(2017-2019); averz

Měření luminiscence bylo provedeno pro oblast s luminiskující nominální hodnotou. Výsledek měření při excitaci světlem s $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$ je zaznamenán na obrázku 7.18. Pro luminiskující červenou barvu byla naměřena nejvyšší intenzita při vlnové délce 613 nm a pro žlutou barvu 542 nm .

Po porovnání s pěti librovou bankovkou z předchozího měření, je patrný útlum v intenzitě luminiskujících barev. To může být zapříčiněno znečištěním a opotřebením bankovky. Naopak samotný průběh je dosti podobný.



Obr. 7.14 Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 GBP; ND(2017-2019); averz

7.9 Bankovka Velká Británie, 5 liber, fotoreprodukce

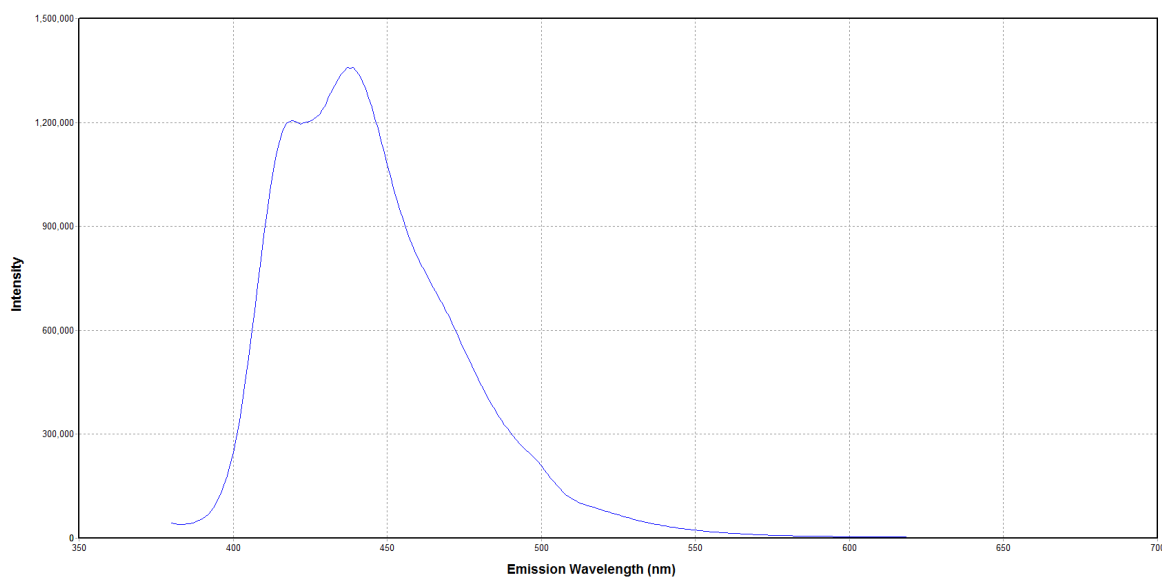
V rámci experimentu byla pomocí fotaparátu mobilního telefonu iPhone 8 a barevné laserové tiskárny Konica Minolta C220 vytvořena kopie britské bankovky s nominální hodnotou 5 liber.



Obr. 7.15 Fotoreprodukce, 5 GBP; ND(2016-2019); averz

Na dané kopii bankovky byla měřena luminiscenční spektra ve stejném místě jako u originální bankovky. Výsledek měření při excitaci světlem s $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$ je zaznamenán na obrázku 7.16.

Z výsledného grafu je patrné, že v daném místě vykazovala luminiscenci pouze rozjasňovací barviva papíru, který byl k reprodukci použit.



Obr. 7.16 Luminiscenční spektrum, fotoreprodukce, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 5 GBP; ND(2017-2019); averz

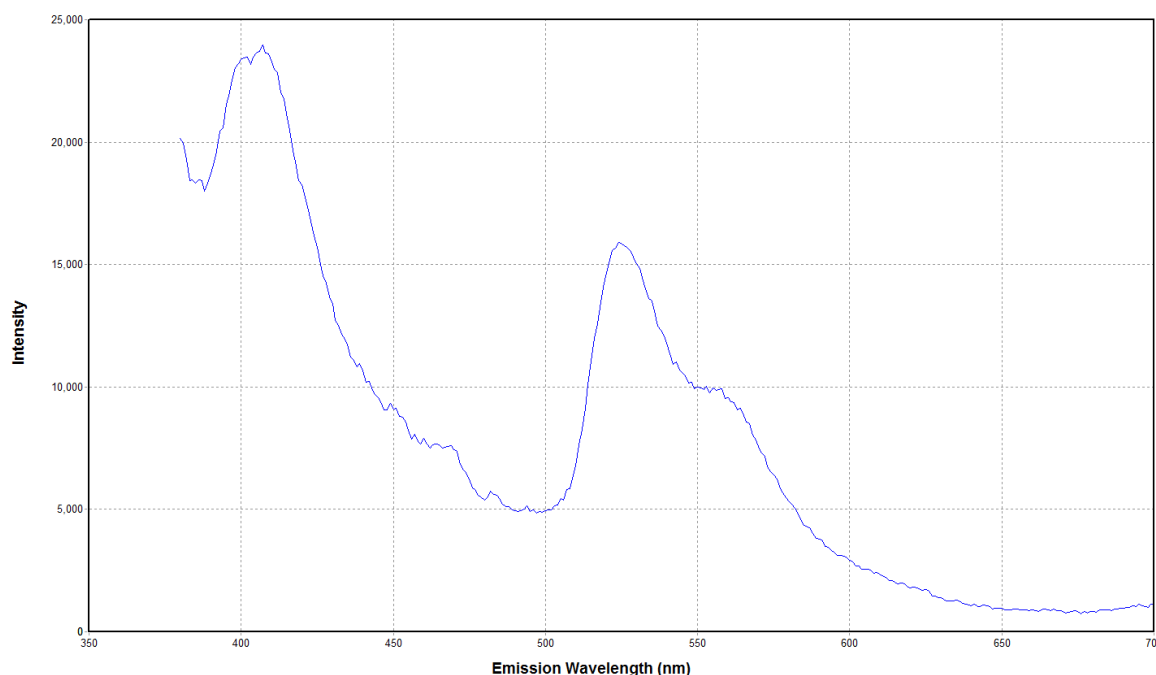
7.10 Bankovka Mexiko, 20 pesos, 2010

U mexické bankovky s nominální hodnotou 20 pesos byla pod UV lampou viditelná výrazná luminiscence na reverzní straně. Luminiskující žlutou barvu měla celá řada objektů, viz obrázek 7.17.



Obr. 7.17 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 20 MXN; 2010; reverz

Měření luminiscence bylo provedeno pro oblast s nejintenzivnější luminiscencí, tedy pro plochu v levém horním rohu. Výsledek měření při excitaci světlem s $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$ je zaznamenán na obrázku 7.18. Luminiskující žlutá barva měla nejvyšší intenzitu při vlnové délce 524 nm .



Obr. 7.18 Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 20 MXN; 2010; reverz

7.11 Bankovka Maledivy, 10 rupií, ND(2016-2019)

Zajímavým exemplářem pro měření luminiscence byla maledivská bankovka v nominální hodnotě 10 rupií. Na bankovce jsou luminiscenční barvy, které na denním světle mají stejný odstín, ale pod UV lampou je jejich luminiskující barva již odlišná.

Při pozorování pod UV světlem se na averzní straně bankovky (obrázek 7.19) v její středové části projevila luminiscence s výrazně červenou a žlutou barbou. Například červeně byly podbarveny dvě postavy z pravé strany a červenou a částečně žlutou barvou byly zvýrazněny části kokosů na palmě. U horního okraje uprostřed se zobrazilo žlutozelené pole s viditelnou nominální hodnotou a žlutě podbarveno bylo také sériové číslo u pravého okraje.

Na averzní straně (obrázek 7.20) se luminiscence projevila pouze v podobě malého čísla nominální hodnoty žluté barvy.

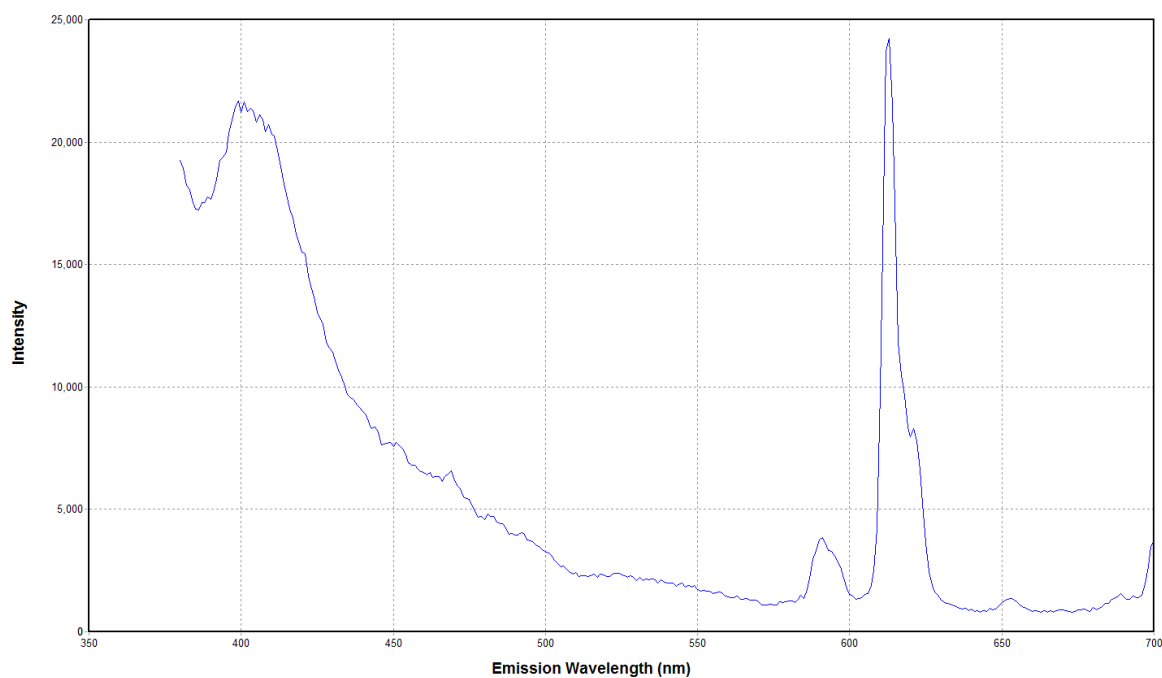
Měření luminiscence bylo provedeno celkem pro tři vybrané oblasti – červeně luminiskující část kokosového ořechu (horní), žlutě luminiskující část ořechu (vlevo od horního červeného) a část žlutozeleně luminiskujícího pole s nominální hodnotou. Výsledky měření při excitaci světlem s $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$ jsou postupně zaznamenány na obrázcích 7.21, 7.22 a 7.23. Červeně luminiskující plocha měla nejvyšší intenzitu při vlnové délce 613 nm , žlutá plocha při 550 nm a v případě žlutozeleného pole byla intenzita nejvyšší při vlnové délce 524 nm .



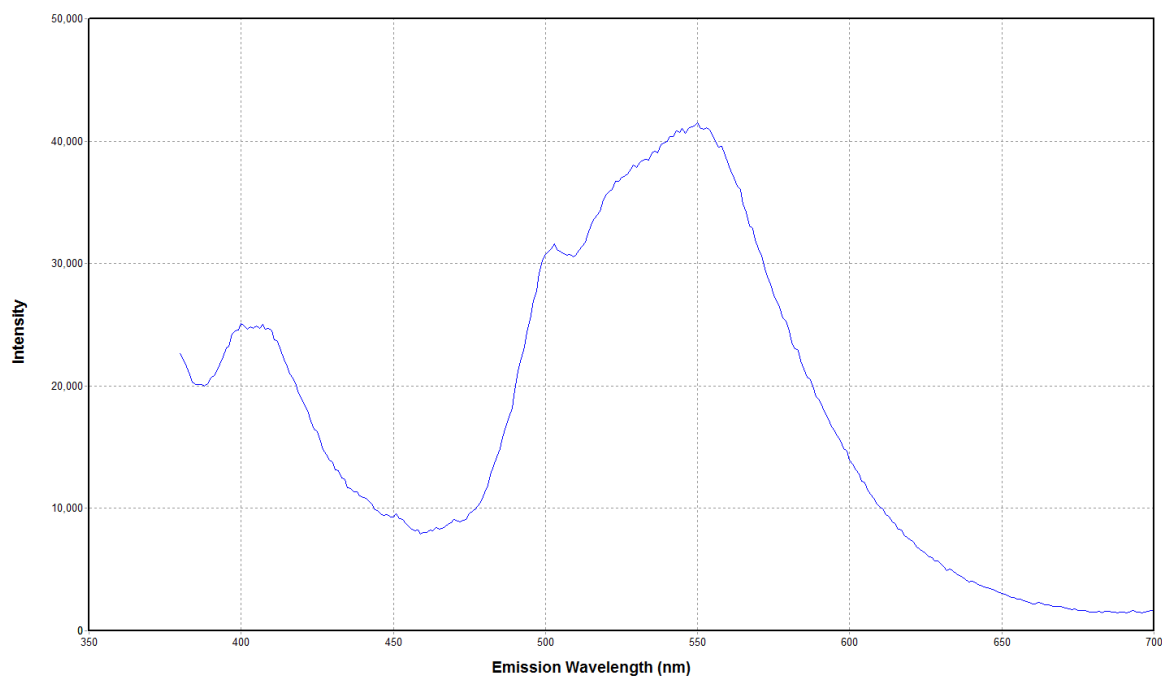
Obr. 7.19 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254\text{nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); averz



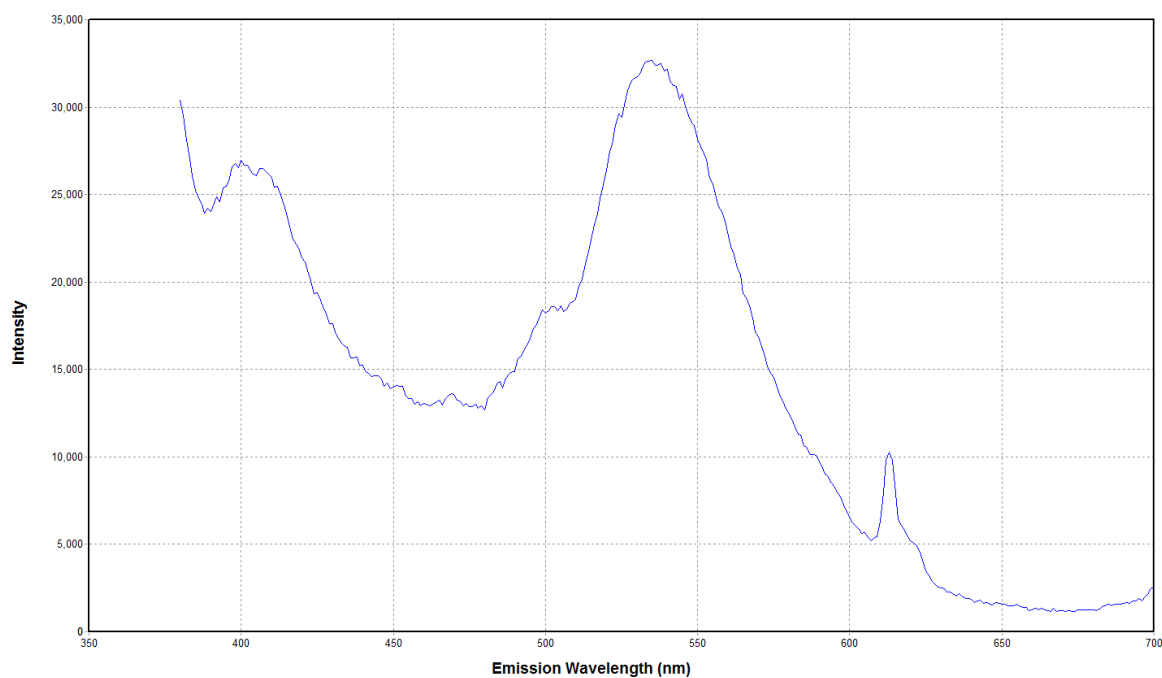
Obr. 7.20 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254\text{nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); reverz



Obr. 7.21 Luminiscenční spektrum, červená plocha, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); averz



Obr. 7.22 Luminiscenční spektrum, žlutá plocha, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); averz



Obr. 7.23 Luminiscenční spektrum, plocha s nominální hodnotou, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); averz

7.12 Bankovka Hong Kong, 10 dolarů, 2007

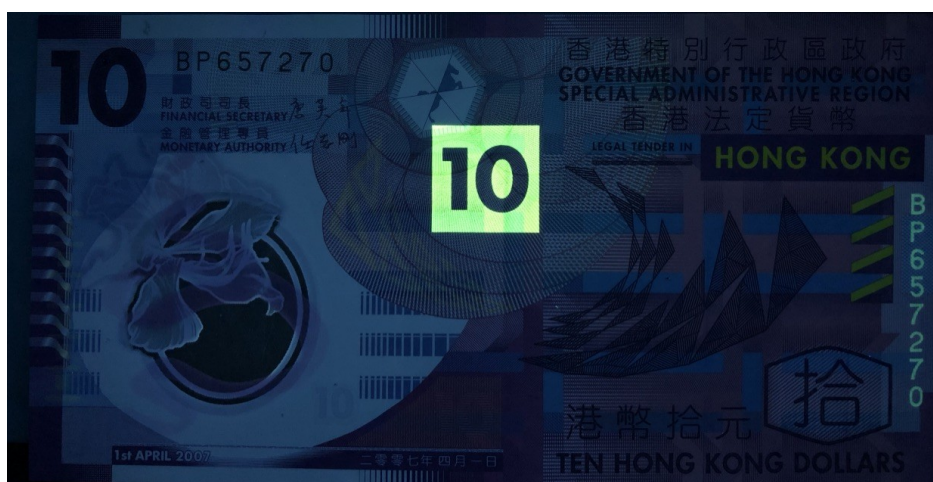
U hongkongské bankovky v nominální hodnotě 10 dolarů byla pod UV světlem s vlnovou délkou 254 nm zaznamenána luminiscence na averzní straně (obrázek 7.24). Poblíž středu bankovky se zobrazil čtverec žlutozelené barvy s nominální hodnotou uprostřed.



Obr. 7.24 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 HKD; 2007; averz

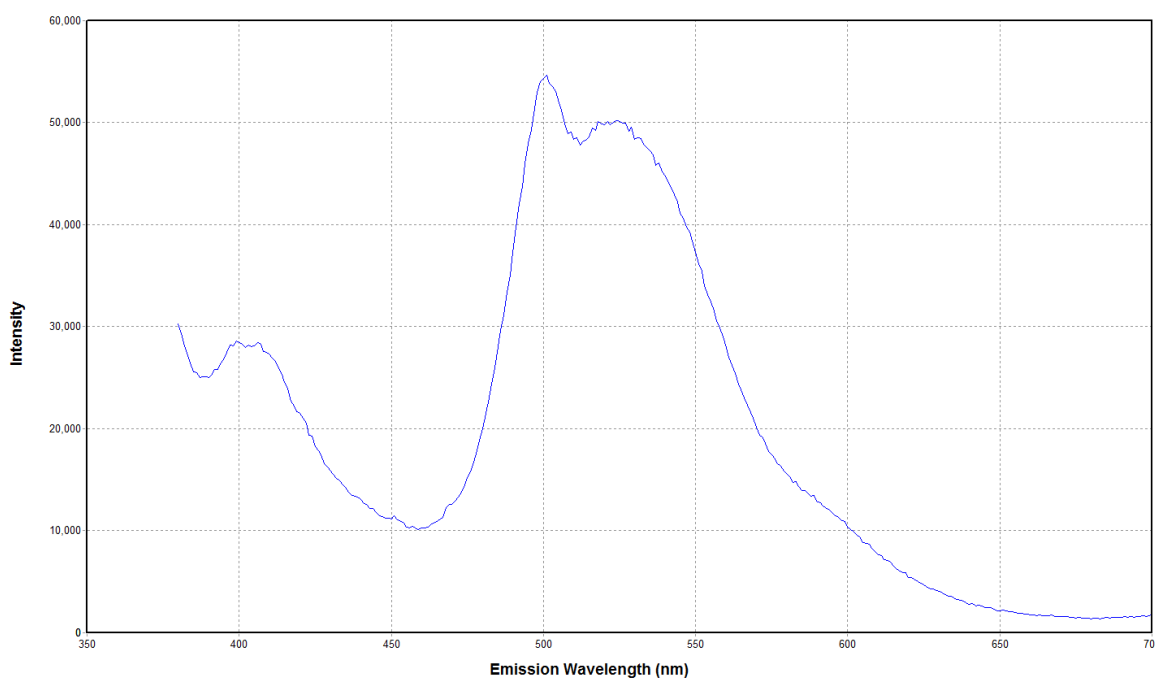
Další luminiskující prvek se zobrazil při vlnové délce 366 nm . V modrozelené barvě se zvýraznilo sériové číslo u pravého okraje averzu (obrázek 7.25).

Měření luminiscence bylo provedeno pro oblast s nejintenzivnější luminiscencí,



Obr. 7.25 Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 366 \text{ nm}$; 10 HKD; 2007; averz

tedy pro čtvercovou plochu ve středu bankovky. Výsledek měření při excitaci UV světlem s $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$ je zaznamenán na obrázku 7.26. Luminiskující žlutozelená barva měla nejvyšší intenzitu při vlnové délce 501 nm .



Obr. 7.26 Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 HKD; 2007; averz

7.13 Zhodnocení

Luminiscenční barviva jsou tradiční ochranný prvek na papírových i polymerních bankovkách. Jak ukázala analýza luminiscenčních vlastností vybraných bankovek, každá ze zkoumaných bankovek obsahovala v menší či větší míře luminiscenční barviva. Spek-

trum barev emisního světla bylo natolik široké, že pro prezentaci výsledků měření byla zvolena pouze luminiscenční spektra zachycená při excitaci světlem s vlnovou délkou 365 nm . Pro kratší vlnovou délku nebyly výsledky měření vůbec vypovídající.

Zajímavostí je použití speciálních barviv u maledivské bankovky. Barviva jsou viditelná i na denním světlě, mají stejnou barvu, absorbují denní světlo. Pod UV světlem mají tato barviva již rozdílné vlnové délky emitovaného světla, barevně se liší.

Při provádění experimentů se projevíly podobné průběhy luminiscenčních spekter u britských bankovek s různou nominální hodnotou, z čehož lze usuzovat, že použité barvivo bylo u obou bankovek podobné, ne-li identické. Samozřejmě se musí brát v úvahu odchylky měření i stav bankovky a případné nečistoty, které mohou výsledek měření zkreslit a snížit intenzitu luminiscence. Například nerovný povrch bankovky může vytvářet odlesky a způsobovat výraznější luminiscenci v oblasti modré barvy. Naopak u novozélandských bankovek se stejnou nominální hodnotou, ale z různé série, byly zaznamenány rozdílné průběhy v luminiscenčním spektru.

Z pohledu ochrany bankovek jsou fluorescenční barviva v padělcích napodobitelná, ale nelze u nich jednoduše dosáhnout stejných luminiscenčních vlastností. Barviva navíc obsahují různé příměsy, jsou integrovány do substrátu a celkového designu bankovky, což padělatelům ztěžuje práci. Kontrola pravosti bankovek pod UV světlem je častou praxí u pracovních pozic, kde se pracuje s hotovostí. Fluorescenční barviva jsou tak stále důležitým ochranným prvkem bankovek.

Vzorek naměřených dat by se mohl dále využít pro detekci padělků vybraných polymerních bankovek spočívající v rozdílných luminiscenčních spektrech.

ZÁVĚR

Neustálý souboj s padělateli bankovek vede kupředu vývoj technologie jejich výroby i ochranných prvků. Milníkem v boji proti padělání se stalo představení bankovek z polymerního substrátu, které se od těch papírových odlišují svými jedinečnými vlastnostmi i ochrannými prvky.

Protože je potřeba neustále držet krok před padělateli, musí se stále zdokonalovat a vylepšovat ochranné prvky bankovek. Na základě provedené analýzy ochranných prvků vybraných polymerních bankovek se ukázalo, jaké typy ochranných prvků se nejčastěji používají. Průhledné okno, které je pro polymerní bankovky typické, vyražený reliéf v okně, stínové obrázky, mikrotisk či fluorescenční barviva. To jsou základní ochranné prvky u těchto bankovek. Nabízí přijatelnou úroveň ochrany vzhledem k nákladům na jejich aplikaci a jsou jednoduše identifikovatelné. Vyšší úroveň ochrany je dosahováno aplikací metalických a opticky difrakčních prvků.

Za vyzdvižení stojí to, jakou flexibilitu v rámci aplikace ochranných prvků mají polymerní bankovky. Ochranné prvky od rozdílných dodavatelů se vkládají v různých fázích výroby bankovky, různě se spolu kombinují a navzájem doplňují.

Typickým ochranným prvkem, který byl společný pro všechny analyzované bankovky, byla přítomnost luminiscenčních barviv. Pod UV světlem se zviditelnily prvky vykazující luminiscenci, od jednobarevných jednoduchých elementů až po různobarevné obrazce. Zajímavé bylo odhalení, jakým způsobem byla luminiscenční barviva integrována do designu bankovky. V některých případech se jednalo o skrytý prvek viditelný pouze pod UV světlem, v jiném případě se fluoreskující barvou zvýraznily části obrazce viditelného i na denním světle. Pomocí metody luminiscenční spektroskopie byla v laboratoři provedena analýza luminiscenčních spekter fluoreskujících prvků. Měření ukázalo intenzitu a průběh dané fluorescence. Získaná data by mohla být použita jako základ pro propracovanější identifikaci padělků.

Aby bylo možné pomocí luminiscenční spektroskopie věrohodně odhalit padělek, musela by se metoda nejprve otestovat na větším množství bankovek z téže série. Díky tomu by se mohla odhalit míra nepřesnosti daného měření, která může být zapříčiněna například znečištěním nebo opotřebením bankovky, tedy útlumem nebo zesílením intenzity emisního světla, odlesky apod. Dále by bylo potřeba zdokonalit způsob, jakým je bankovka umístěna pod optická vlákna s excitačním světlem a sběrem emisního světla. Je potřeba zajistit, aby bankovka byla, co nejvíce vyrovnaná a současně, aby bylo možné nasměrovat pár s optickými vlákny přesně na místo určené pro měření luminiscence. A v neposlední řadě je potřeba získat věrohodný padělek, který by mohl být porovnán se získanými referenčními daty.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DAVIES, Glyn. *A History of Money: From Ancient Times to the Present Day*. 3rd ed., with revisions. Cardiff: University of Wales Press, 2002. ISBN 07-083-1773-1.
- [2] Coin of Alyattes of Lydia. Circa 620/10-564/53 BCE. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2018 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Alyattes_of_Lydia#/media/File:KINGS_of_LYDIA._Alyattes._Circa_620-10-564-53_BC.jpg
- [3] FABRY, Merrill. Now You Know: What Was the First Credit Card?. *TIME* [online]. New York: TIME USA, LLC., 2016, October 19, 2016 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://time.com/4512375/first-credit-card/>
- [4] MARR, Bernard. A Very Brief History Of Blockchain Technology Everyone Should Read. In: *Forbes* [online]. Jersey City: Forbes Media, 2018, Feb 16, 2018 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/02/16/a-very-brief-history-of-blockchain-technology-everyone-should-read/>
- [5] 1661 - First banknotes in Europe. In: *Sveriges Riksbank* [online]. Stockholm: Sveriges Riksbank [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.riksbank.se/en-gb/about-the-riksbank/history/1600-1699/first-banknotes-in-europe/>
- [6] Card History 1955. In: *Diners Club International* [online]. Diners Club International, 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://sa.dinersclubinternational.com/press-room/images/card-history/full/card_history_1955.gif
- [7] SOLOMON, D. H. a Tom SPURLING. *The plastic banknote: from concept to reality*. Collingwood, VIC, Australia: CSIRO Publishing, [2014]. ISBN 9780643094277.
- [8] The Tyvek banknotes of Haiti. In: *Coin Update* [online]. Whitman Publishing, 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://news.coinupdate.com/the-tyvek-banknotes-of-haiti/>
- [9] STRAUS, Stane, Donald LUDWIG, Marian MEYER a TIGERSON. *Polymer Bank Notes of the World*. 2014 ed. Kranj: PBN, 2014. ISBN 9619365909.
- [10] Polymer Banknotes. *De La Rue* [online]. Basingstoke: De La Rue, c2018 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.delarue.com/markets-and-solutions/cash-supply-chain/polymer-banknotes>

- [11] Guardian Fact Sheet. In: *CCL Secure* [online]. Craigieburn: Innovia Security, 2013 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://cclsecure.com/uploads/pdfs/Guardian_Fact_Sheet_Sep13.pdf
- [12] GuardianTM — Facts and Figures. In: *CCL Secure* [online]. Craigieburn: CCL Industries, 2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://cclsecure.com/Guardian---Facts-and-Figures/>
- [13] *Billetteria: International Review on Cash Management* [online]. Madrid: Banco de España, 2009, 3(5) [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.bde.es/f/webbde/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/RevistaBilletteria/09/Arc/Fic/BILLETARIA_5_ING.pdf
- [14] RUSH, Alexandra. *The Life of Australian Banknotes* [online]. Sydney: Reserve Bank of Australia, 2015 [cit. 2019-05-20]. ISSN 1448-5109. Dostupné z: <https://www.rba.gov.au/publications/rdp/2015/pdf/rdp2015-10.pdf>
- [15] *The use of polymer in Banco de México banknotes* [online]. Ciudad de México: Banco de México, 2013 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.anterior.banxico.org.mx/billetes-y-monedas/informacion-general/fabricacion-de-billetes-y-acunacion-de-moneda/material-educativo/%7BEC6DF766-7FF3-AAAF-FE2E-12D5D7831EFB%7D.pdf>
- [16] *Speciman: The Biannual Journal of Guardian®* [online]. Craigieburn: Innovia Security, 2015, (5) [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://cclsecure.com/uploads/pdfs/Specimen_Issue_5_EN_web.pdf
- [17] PEKÁREK, Jiří. *Poznáte padělek bankovky?*. Praha: Pragoeduca, 2000. ISBN 80-858-5684-0.
- [18] *Speciman: The Biannual Journal of GuardianTM* [online]. Craigieburn: CCL Secure Pty, 2018, (8) [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.cclsecure.com/uploads/pdfs/Specimen%208%20English%20-%20web.pdf>
- [19] VRIESEKOOOP, Frank, Cryn RUSSELL, Beatriz ALVAREZ-MAYORGA, et al. Dirty Money. *Foodborne Pathogens and Disease* [online]. 2010, 7(12), 1497-1502 [cit. 2019-05-20]. DOI: 10.1089/fpd.2010.0606. ISSN 1535-3141. Dostupné z: <http://www.liebertpub.com/doi/10.1089/fpd.2010.0606>
- [20] *Speciman: The Biannual Journal of Guardian®* [online]. Craigieburn: Innovia Security, 2016, (6) [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://cclsecure.com/uploads/pdfs/Specimen-Issue-6-EN-web.pdf>

- [21] FRANCIS, Jo. Tallow controversy over new fiver. In: *PrintWeek* [online]. London: MA Business Limited, 2016, 30 November 2016 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.printweek.com/print-week/news/1159673/tallow-controversy-over-new-fiver>
- [22] FRANCIS, Jo. Bank of England: tallow traces to remain. In: *PrintWeek* [online]. London: MA Business Limited, 2017, 18 August 2017 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.printweek.com/print-week/news/1161990/bank-of-england-tallow-traces-to-remain>
- [23] GOLDBART, Max. De La Rue develops tallow-free banknote substrate. In: *PrintWeek* [online]. London: MA Business Limited, 2017, 23 May 2017 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.printweek.com/print-week/news/1161256/de-la-rue-develops-tallow-free-banknote-substrate>
- [24] *Security Features: Reference Guide* [online]. 2nd ed. Craigieburn: Innovia Security, 2013 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.innoviasecurity.com/uploads/pdfs/Security-Features-Reference-Guide-EN---Final.pdf>
- [25] SIEGEL, Jay A., Pekka SAUKKO a Max M. HOUCK. *Encyclopedia of forensic sciences*. 2nd ed. London, UK: Elsevier/ Academic Press, c2013, 4 sv. ISBN 978-0-12-382165-2.
- [26] Banknote Features. *Reserve Bank of Australia Banknotes* [online]. Sydney: Reserve Bank of Australia, c2012-2019 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://banknotes.rba.gov.au/banknote-features/#-new-five-flipped-rolling-colour>
- [27] GOHER, Ahmed. *Supremacy of Polymer Banknotes: A Comparative Study Between Paper and Polymer Banknotes*. Riyadh: Naif Arab University for Security Sciences, 2012. ISBN 978-603-8116-10-4.
- [28] *Glosář PRADO* [online]. V. 8269.cs.17+c1+add1. Brusel: Rada Evropské unie, 2018 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.consilium.europa.eu/prado/cs/prado-glossary/prado-glossary.pdf>
- [29] SINCERBOX, Glenn T. *Counterfeit deterrent features for the next-generation currency design*. Washington, DC: National Academy Press, 1993. ISBN 0-309-05028-6.
- [30] *Speciman: The Biannual Journal of Guardian®* [online]. Craigieburn: Innovia Security, 2014, (4) [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://cclsecure.com/uploads/pdfs/Specimen-Issue-4-EN-web.pdf>

- [31] Portfolio of Metallization Types. *OVD KINEGRAM* [online]. Fuerth: LEONHARD KURZ Stiftung & Co. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.kinegram.com/en/banknotes/metallization-type/>
- [32] OVD KINEGRAM. *Portfolio of Production Technologies* [online]. Fuerth: LEONHARD KURZ Stiftung & Co. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.kinegram.com/en/banknotes/production-technology/>
- [33] ROBERTS, David E. *History of Lenticular and related Autostereoscopic Methods* [online]. Hillsboro: Leap Technologies, 2003 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://www.microlens.com/pdfs/history_of_lenticular.pdf
- [34] Insights into New OVDs. In: *International Hologram Manufacturers Association* [online]. International Hologram Manufacturers Association, 2017 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://www.ihma.org/userfiles/files/14_35-Mark-Deakes-Reconnaissance.pdf
- [35] Security Features. *Orell Füssli Security Printing* [online]. Zurich: Orell Füssli Security Printing [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.ofs.ch/products-services/security-technologies/security-features/>
- [36] *Take a Closer Look* [online]. London: Bank of England, 2018 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.bankofengland.co.uk/-/media/boe/files/banknotes/take-a-closer-look-a3.pdf>
- [37] WATSON, Brendon O. Two-photon microscopy with diffractive optical elements and spatial light modulators. *Frontiers in Neuroscience* [online]. 2010, 4 [cit. 2019-05-20]. DOI: 10.3389/fnins.2010.00029. ISSN 1662453X. Dostupné z: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fnins.2010.00029/abstract>
- [38] *Speciman: The Biannual Journal of Guardian®* [online]. Craigieburn: Innovia Security, 2013, (2) [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://cclsecure.com/uploads/pdfs/Specimen-Issue-2-EN-web.pdf>
- [39] *GeminiTM : Security through design and technology* [online]. 05/17/EN/2.0. Basingstoke: De La Rue International Limited, 2017 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2752422/Product%20Spotlight%20PDFS/4_Gemini%20Brochure%20April%202017.pdf
- [40] PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminiscence doma, v přírodě a v laboratoři*. Praha: Academia, 2014. Průhledy. ISBN 978-80-200-2394-0.

- [41] PELANT, Ivan a Jan VALENTA. *Luminescence spectroscopy of semiconductors*. New York: Oxford University Press, 2012. ISBN 978-0-19-958833-6.
- [42] SHARMA, B. K. *Spectroscopy*. 28th ed. Meeruth: Goel Publishing House, 2007. ISBN 9788182830189.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

BOPP	biaxiálně orientovaný polypropylen
DOE	Diffraction Optical Element, česky difrakčně optický element
DOVD	Diffraction Optically Variable Device, česky difrakční opticky variabilní prvek
OVI	Optically Variable Ink, česky opticky proměnlivá barva
PMT	Photomultiplier Tube, česky fotonásobič
AUS	australský dolar
GBP	britská libra
HKD	hongkongský dolar
MVR	maledivská rupie
MXN	mexické peso
NZD	Novozélandský dolar

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1	Lýdijská mince z elektronu [2]	11
Obr. 1.2	První bankovka v Evropě, vydána roku 1661 bankou Stockholms Banco [5]	12
Obr. 1.3	Karta Dinners Club z roku 1955 [6]	12
Obr. 2.1	Polymerní bankovka z Haiti ze substrátu Tyvek [8]	14
Obr. 2.2	Pamětní polymerní bankovka ze substrátu Guardian vydaná v Austrálii v roce 1988 [9]	15
Obr. 2.3	Schéma výroby BOPP fólie Clarity™ C [12]	16
Obr. 2.4	Průřez bankovkou Guardian™ [11]	17
Obr. 2.5	Měsíční objem znehodnocených bankovek v % [14]	17
Obr. 2.6	Analýza nákladů na produkci papírových vs. polymerních bankovek [15]	18
Obr. 2.7	Proces recyklace polymerních bankovek [16]	19
Obr. 2.8	Vývoj počtu padělků u mexické bankovky s nominální hodnotou 50 pesos v letech 2009-2017 (ppm) [18]	20
Obr. 2.9	Fotografie povrchu bankovky z (A) bavlněného a (B) polymerního substrátu pořízená elektronovým mikroskopem. [19]	21
Obr. 3.1	Intaglio tisk; \$ 10, 1999, Nový Zéland	23
Obr. 3.2	Letterpress; £ 5, 2016, Anglie	24
Obr. 3.3	Opticky variabilní barvy nanesené metodou sítotisku; \$ 5, 2016, Austrálie [26]	24
Obr. 3.4	Ofsetový tisk; \$ 5, 1992, Austrálie	24
Obr. 4.1	Transparentní polymerní okno [24]	25
Obr. 4.2	Poloprůhledné polymerní okno [24]	26
Obr. 4.3	Reliéfni přechodný obrázek [24]	26
Obr. 4.4	Viněta [24]	27
Obr. 4.5	Stínový obrázek) [24]	27
Obr. 4.6	Iridescentní barvy [24]	27
Obr. 4.7	Opticky proměnlivé barvy [24]	28
Obr. 4.8	Metalické barvy [24]	28
Obr. 4.9	Difrakční opticky variabilní prvek Latitude™ [24]	29
Obr. 4.10	Difrakční opticky variabilní prvek KINEGRAM ZERO.ZERO®; \$ 5, 2016, Austrálie [31]	30
Obr. 4.11	Difrakční opticky variabilní prvek KINEGRAM REVIEW® [32]	30
Obr. 4.12	Ochranný prvek s lentikulárními čočkami – Horizon™ [24]	31
Obr. 4.13	Mikroperforace [35]	31
Obr. 4.14	Mikrotisk; £ 10, 2017, Anglie [36]	31

Obr. 4.15	Difrakčně optický element (DOE) [38]	32
Obr. 4.16	Grafický prvek z fluorescentní barvy viditelný na normálním denním světle (vlevo) a pod UV světlem (vpravo) [39]	33
Obr. 4.17	Grafický prvek z magnetické barvy [24]	33
Obr. 5.1	Schéma fluorescenčního spektrometru [36]	37
Obr. 6.1	Bankovka Austrálie; 5 AUD; 2006; averz	39
Obr. 6.2	Bankovka Austrálie; 5 AUD; 2006; reverz	40
Obr. 6.3	Polymerové okno; 5 AUD; 2006; averz (vlevo), reverz (vpravo)	40
Obr. 6.4	Mikrotisk; 5 AUD; 2006; averz	41
Obr. 6.5	Stínový obrázek; 5 AUD; 2006; averz	41
Obr. 6.6	Soutiskový obrazec; 5 AUD; 2006; averz (vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)	41
Obr. 6.7	Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2013; averz	42
Obr. 6.8	Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2013; reverz	42
Obr. 6.9	Polymerové okno (vlevo) a polymerové okno s reliéfem (vpravo); 10 NZD; 2013; averz	43
Obr. 6.10	Mikrotisk; 10 NZD; 2013; averz	43
Obr. 6.11	Stínový obrázek; 10 NZD; 2013; averz	44
Obr. 6.12	Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2015; averz	44
Obr. 6.13	Bankovka Nový Zéland; 10 NZD; 2015; reverz	45
Obr. 6.14	Polymerové okno a s KINEGRAM ZERO.ZERO [®] ; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), reverz (vpravo)	46
Obr. 6.15	Polymerové okno; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)	46
Obr. 6.16	Mikrotisk; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), averz (uprostřed), reverz (vpravo)	46
Obr. 6.17	Soutiskový obrazec; 10 NZD; 2015; averz (vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)	46
Obr. 6.18	Bankovka Velká Británie; 5 GBP; ND(2016-2019); averz	47
Obr. 6.19	Bankovka Velká Británie; 5 GBP; ND(2016-2019); reverz	48
Obr. 6.20	Polymerové okno s KINEGRAM COLORS [®] ; 5 GBP; ND(2016-2019); averz (vlevo), reverz (vpravo)	49
Obr. 6.21	Metalizované polymerové okno; 5 GBP; ND(2016-2019); averz (vlevo), reverz (vpravo)	49
Obr. 6.22	Holografický prvek; 5 GBP; ND(2016-2019); averz	49
Obr. 6.23	Mikrotisk; 5 GBP; ND(2016-2019); averz	49
Obr. 6.24	Bankovka Mexiko; 20 MXN; 2010; averz	50
Obr. 6.25	Bankovka Mexiko; 20 MXN; 2010; reverz	51

Obr. 6.26	Polymerové okno s reliéfem; 20 MXN; 2010; averz proti světlu (vlevo), reverz (vpravo)	52
Obr. 6.27	Polymerové okno s OVI barvou; 20 MXN; 2010; averz (vlevo), reverz (vpravo)	52
Obr. 6.28	Mikrotisk; 20 MXN; 2010; averz	52
Obr. 6.29	Stínový obrázek; 20 MXN; 2010; averz	53
Obr. 6.30	Soutiskový obrazec; 20 MXN; 2010; averz (vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)	53
Obr. 6.31	Bankovka Maledivy; 10 MVR; ND(2016-2019); averz	54
Obr. 6.32	Bankovka Maledivy; 10 MVR; ND(2016-2019); reverz	54
Obr. 6.33	Polymerové okno s reliéfem; 10 MVR; ND(2016-2019); averz (vlevo), reverz (vpravo)	55
Obr. 6.34	Iridescentní barva; 10 MVR; ND(2016-2019); averz	56
Obr. 6.35	Mikrotisk; 10 MVR; ND(2016-2019); averz	56
Obr. 6.36	Stínový obrázek; 10 MVR; ND(2016-2019); averz	56
Obr. 6.37	Mikroperforace; 10 MVR; ND(2016-2019); averz (proti světlu)	57
Obr. 6.38	Bankovka Hong Kong; 10 HKD; 2007; averz	57
Obr. 6.39	Bankovka Hong Kong; 10 HKD; 2007; reverz	58
Obr. 6.40	Polymerové okno s reliéfem; 10 HKD; 2007; averz (vlevo), reverz (vpravo)	59
Obr. 6.41	Reliéf; 10 HKD; 2007; averz	59
Obr. 6.42	Iridescentní barva; 10 HKD; 2007; averz	59
Obr. 6.43	Soutiskový obrazec; 10 HKD; 2007; averz (vlevo), reverz (uprostřed), averz proti světlu (vpravo)	59
Obr. 7.1	UV lampa Krüss UV240	61
Obr. 7.2	Spektrofluorometr IIS PC1	62
Obr. 7.3	Uzavíratelná schránka se svazky optických vláken zapojených do spek- trofluoroskopu PC1	63
Obr. 7.4	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 5 AUD; 2006; reverz	64
Obr. 7.5	Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 5 AUD; 2006	64
Obr. 7.6	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 NZD; 2013; averz	65
Obr. 7.7	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 366 \text{ nm}$; 10 NZD; 2013; averz	65
Obr. 7.8	Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 NZD; 2013	66
Obr. 7.9	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 NZD; 2015; averz	66
Obr. 7.10	Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 NZD; 2015	67
Obr. 7.11	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 5 GBP; ND(2016-2019); averz	68
Obr. 7.12	Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 5 GBP; 2016-2019); averz	68

Obr. 7.13	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 GBP; ND(2017-2019); averz	69
Obr. 7.14	Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 GBP; ND(2017-2019); averz	70
Obr. 7.15	Fotoreprodukce, 5 GBP; ND(2016-2019); averz	70
Obr. 7.16	Luminiscenční spektrum, fotoreprodukce, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 5 GBP; ND (2017-2019); averz	71
Obr. 7.17	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 20 MXN; 2010; reverz .	71
Obr. 7.18	Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 20 MXN; 2010; reverz	72
Obr. 7.19	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); averz	73
Obr. 7.20	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); reverz	73
Obr. 7.21	Luminiscenční spektrum, červená plocha, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 MVR; ND (2016-2019); averz	74
Obr. 7.22	Luminiscenční spektrum, žlutá plocha, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 MVR; ND (2016-2019); averz	74
Obr. 7.23	Luminiscenční spektrum, plocha s nominální hodnotou, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 MVR; ND(2016-2019); averz	75
Obr. 7.24	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 254 \text{ nm}$; 10 HKD; 2007; averz . .	75
Obr. 7.25	Luminiscence pod UV světlem, $\lambda = 366 \text{ nm}$; 10 HKD; 2007; averz . .	76
Obr. 7.26	Luminiscenční spektrum, $\lambda_{ex} = 365 \text{ nm}$; 10 HKD; 2007; averz	76