

Univerza v Ljubljani

NTF, Oddelek za tekstilstvo in grafično tehnologijo

Univerzitetna smer grafična tehnologija

3. letnik

SPEKTROFOTOMETER

Seminarska naloga pri predmetu: Standardizacija grafičnih procesov

Študijsko leto 2004/2005

SPEKTROFOTOMETER

1 ZAKAJ SPEKTROFOTOMETRI NA PODROČJU GRAFIKE ?

V današnjem času je nujno spremljanje barve tokom proizvodnje in po končani proizvodnji. Pri tem je predvsem pomembna uporaba spektrofotometra, ki je sestavni del naprav za vrednotenje barve (1.).*

Spektrofotometri večinoma omogočajo že nekatere osnovne možnosti obdelave podatkov, ki smo jih izmerili. Poleg tega je večinoma omogočena povezava spektrofotometrov z računalnikom, ki imajo že vključene sisteme za barvno metriko (3.).

Predvsem na področju sodobne grafične industrije je nujno potrebna uporaba spektrofotometrov, vključenih v računalniške sisteme, za določanje barvnih vrednosti in razlik ter receptiranje barv po priloženih vzorcih (2.). Spektrofotometrija torej ima pomembno vlogo na področju grafike, saj omogoča ponovljivo in natančno numerično vrednotenje barv (2.).

2 ZGRADBA IN DELOVANJE SPEKTROFOTOMETRA

2.1 DELOVANJE SPEKTROFOTOMETRA

*Literarni viri so označeni s številko v okroglem oklepaju-ustrezen vir je naveden na koncu seminarske naloge- (glej Literatura).

Objekte običajno vidimo obarvane zato ker spektralna sestava odbite svetlobe ni enaka sestavi vpadle svetlobe, pač pa telo odbije določeni spekter svetlobe močnejše (npr. rdeča površina odbija rdeči spekter svetlobe) (2.). S pomočjo analize spektra pred in po interakciji svetlobe z objektom lahko določimo optične lastnosti danega objekta, saj je barva posledica le-te interakcije (3.).

Ker snovi lahko svetlobo reflektirajo (odbijajo), absorbirajo (sprejemajo) ali transmisirajo (prepuščajo) imamo različne načine merjenja svetlobe:

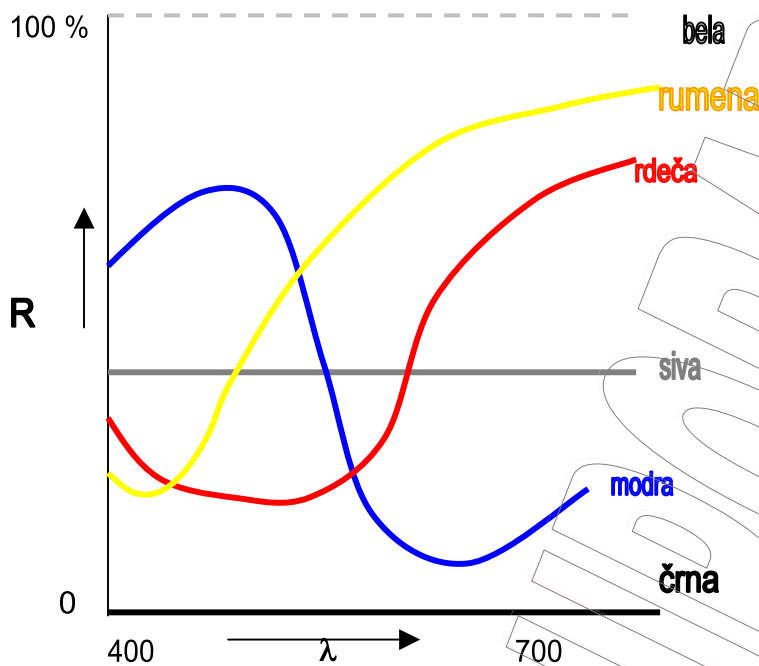
- refleksijsko (merimo od objekta odbito svetlobo),
- transmisijsko (merimo od svetlobo, ki jo objekt prepušča) in
- absorpcijsko (merimo absorbirano svetlobo) (3.).

Pri tem uporabljamo optične merilne instrumente-spektrofotometre .

Spektrofotometer je optični instrument, s pomočjo katerega lahko določimo refleksijske vrednosti vzorca v vidnem delu spektra (400-700 nm) na osnovi meritev razlike med vpadlo in od merjenega vzorca odbito svetlobo (2.). Specialni spektrofotometri pa omogočajo merjenje tudi v UV in IR delu spektra. Le-ti so lahko samostojni ali vključeni v računalniške sisteme.

Na trgu lahko najdemo različne spektrofotometre (prenosne, kombinirane stacionarne, refleksijske, transmisijske itd.), ki pa imajo vsi podoben princip delovanja. Na področju barvne metrike se najpogosteje uporabljajo refleksijski spektrofotometri (3.).

S pomočjo remisijskih krivulj lahko prikažemo stopnjo odboja svetlobe v danem spektru (glej sliko 1) (2.)



Slika 1: Nekaj primerov remisijskih krivulj (prerisano ** po 2.)

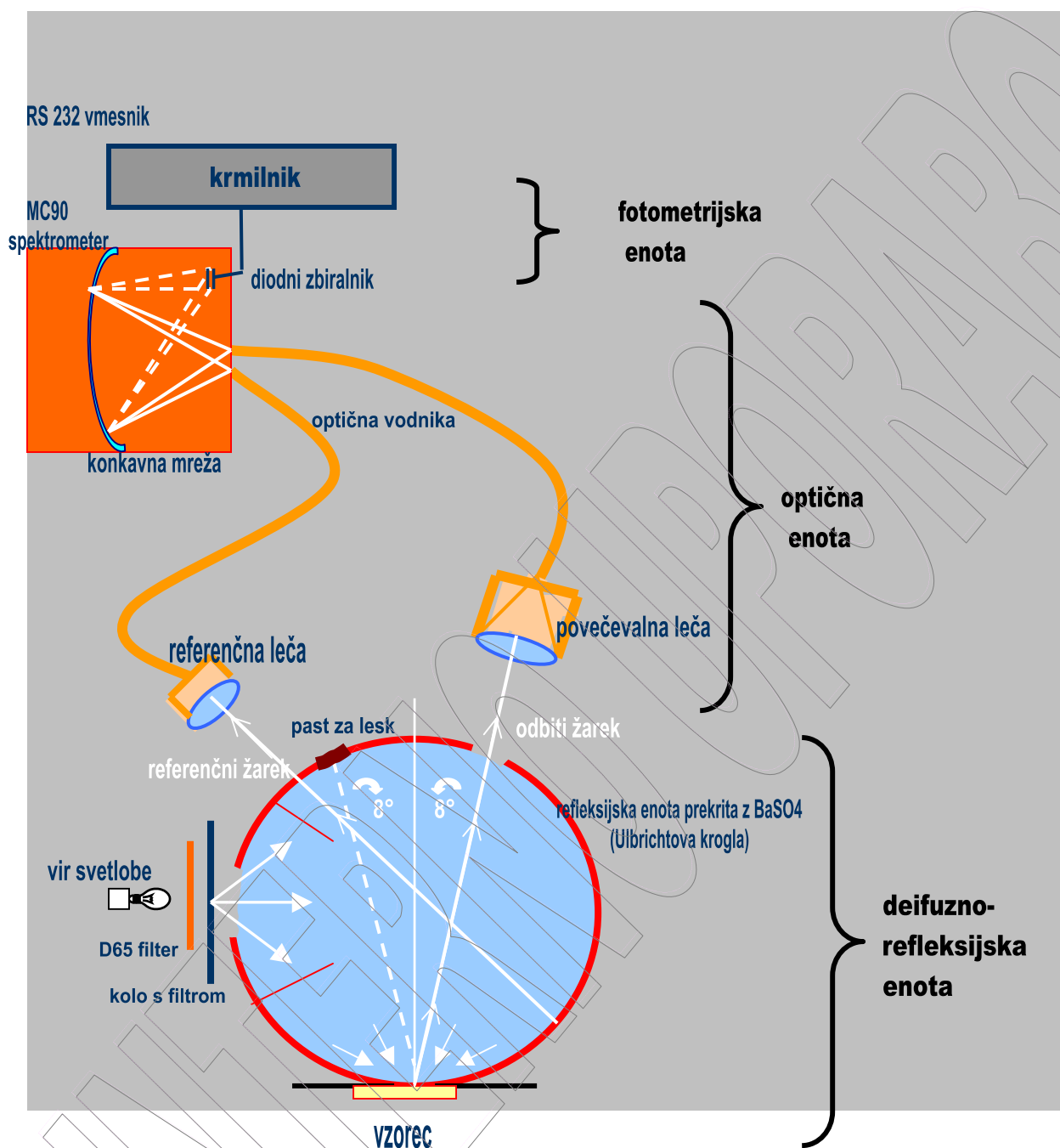
Površina nad krivuljo predstavlja energijo absorbirane svetlobe; površina pod krivuljo pa predstavlja energijo odbite svetlobe. Na takšen način lahko na spektrofotometru objektivno, fizikalno določimo barvo nekega vzorca (2.)(4.).

2.2 ZGRADBA SPEKTROFOTOMETRA

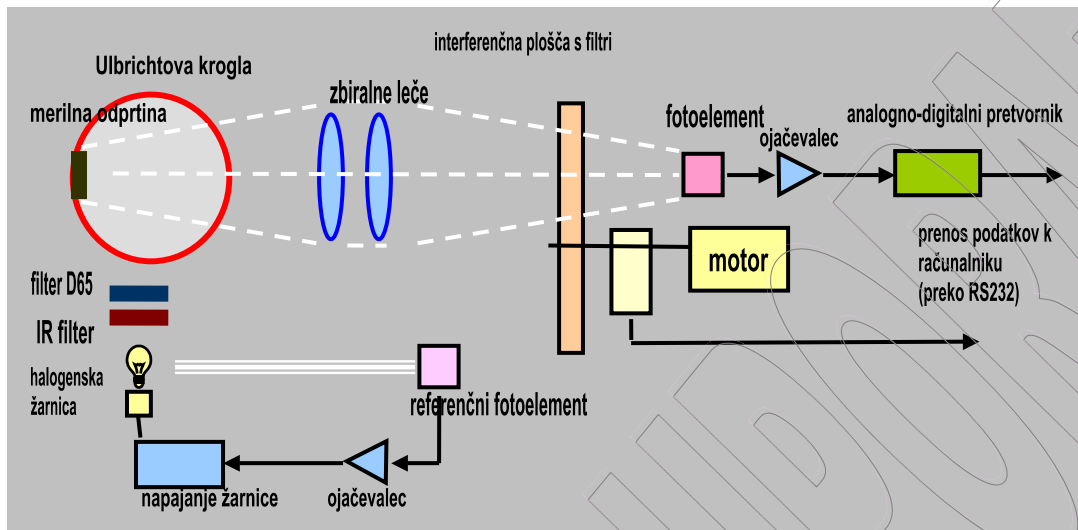
Ne glede na njegovo konstrukcijsko izvedbo je vsak spektrofotometer zgrajen iz naslednjih treh osnovnih delov (glej sliko 2, glej sliko 3):

- difuzno-refleksijski del;
- optični del in
- fotometrijski del. (2., 3.,4)

** Risba predstavlja le shematski prikaz remisijskih krivulj in je le prerisana po omenjenem viru -risba ni natančna kopija, pač pa le PRIBLIŽNA RISBA, zato vrednosti na grafu NISO čisto pravilne.



Slika 2: Spektrofotometer Spectraflash SF600 PLUS® (3.).



Slika 3: Spektrofotometer Spectro-Sensor II (2.).



Slika 4: Shematski prikaz refleksijskega spektrofotometra (5.)

2.2.1 DIFUZNO-REFLEKSIJSKI DEL SPEKTROFOTOMETRA

Spektrofotometer moramo umeriti pred izvajanjem meritev (odvisno od tipa instrumenta vsakih 8 ur ali pogosteje) kar lahko storimo z belim standardom ($\% R \approx 100$) ter črnim standardom ($\% R \approx 0$) (3.).

Difuzno-refleksijski del spektrofotometra sestavljajo naslednji elementi (glej sliko 2, 3, 4):

-vir svetlobe, -svetlobni filtri, -Ulbrichtova krogla ali cilindar, -merilna odprtina, -izhodna odprtina za merjenje odbite svetlobe, -odprtina pasti za lesk (3.).

Vir svetlobe so t.i. hladni svetlobni viri (viri, ki sevajo svetlobo na osnovi razelektrenja v plinih ter pri enaki porabi električne energije oddajajo nekajkrat več svetlobe kot žarnica z žarilno nitko). Kot vir takšne svetlobe se uporabljajo npr. halogenske žarnice ali ksenonove bliskavice (2.) Omenjeni svetlobni viri dajejo s preходом svetlobe skozi filter D65 standardizirano svetlobo D65 (3.) (svetloba D65 je določena kot srednja dnevna svetloba (2.)).

Svetloba, ki potuje skozi filtre, pade v t.i. Ulbrichtovo kroglo. Le-ta je znotraj prevlečena z ne-selektivnim premazom (MgO , BaSO_4). Svetloba se od premaza difuzno odbije (2.). Krogla ima naslednje tri odprtine:

- odprtino za vzorec,
- odprtino za merjenje odbite svetlobe s površine vzorca in
- odprtino za izkjučitev/vključitev leska vzorca (3.).

Geometrija merjenja (oz. konstrukcijska izvedba spektrofotometra) določa medsebojni položaj prvih dveh odprtin.

Geometrija merjenja določa:

- vrsto osvetlitve vzorca;

- kot merjenja odbitih žarkov

(glede na pravokotnico oz. normalo merjene površine, glej sliko 2. in sliko 5.) (3.).

Pri tem ločimo naslednja dva principa geometrije merjenja (glej sliko 5):

- difuzno osvetlitev vzorca pod kotom 0° ali pod kotom 8° : (označimo z $d/0^\circ$ oz. $d/8^\circ$);

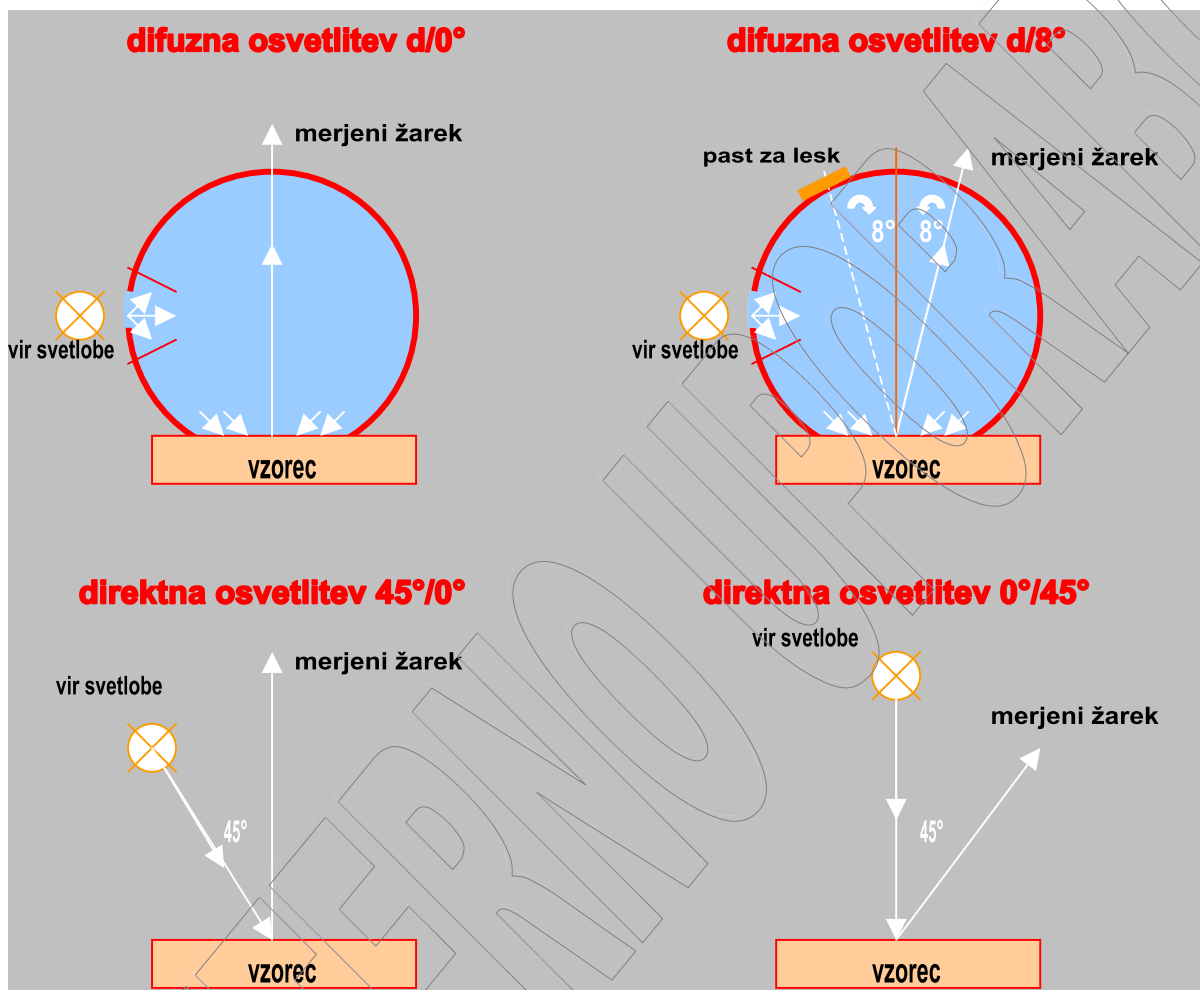
- direktno osvetlitev vzorca, pri čemer je kot pod katerim svetloba pada na predmet 45° , kot odbite svetlobe pa 0° (označimo z $45^\circ/0^\circ$); kot pod katerim svetloba pada na predmet je lahko tudi 0° , kot odbite svetlobe pa 45° (označimo z $0^\circ/45^\circ$) (2.)

Glede na lastnosti oz. vrsto merjenega vzorca izbiramo ustrezne geometrije merjenja (oz. konstrukcijske izvedbe spektrofotometra), saj za določene vzorce potrebujemo ustrezno osvetlitev (2., 3.).

Tako je na primer:

- za strukturirane površine vzorca je primerna difuzna osvetlitev $d/0^\circ$ in $d/8^\circ$, vpliv leska pa lahko odpravimo s pomočjo t.i. pasti za lesk, ki absorbira zaradi leska odbito svetlobo;

- za svetlečo in gladko površino je primerna geometrija $45^\circ/0^\circ$, saj s pomočjo le-te izključimo vpliv leska, svetloba se tu odbije po odbojnem zakonu pri čemer je odbojni kot enak vpadnemu) (2., 3.).



Slika 5: Shematski prikaz geometrij merjenja (3., 2.).

2.2.2. OPTIČNI DEL SPEKTROFOTOMETRA

Optični del spektrofotometra je sestavljen iz:

- sistema dveh zbiralnih leč (skupaj z vstopno režo v gorišču) in
- monokromatorja (glej sliko 3.) (2.).

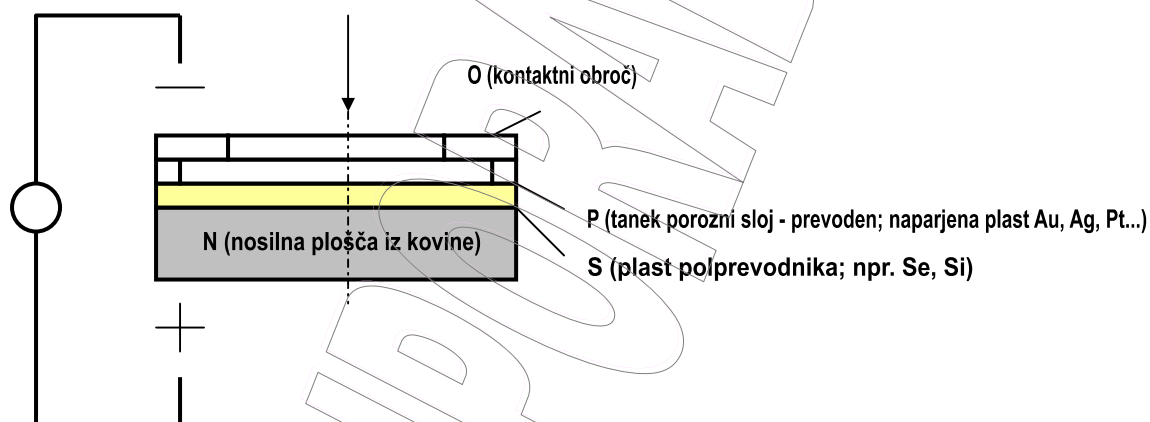
Sistem zbiralnih leč je lociran za Ulbrichtovo kroglo. Leče pri tem zbirajo difuzno odbito svetlobo s površine vzorca.(2.) Samo tisti svetlobni žarki, ki so se vzporedno odbili pod kotom 0° ali 8° (glede na normalo merjenega vzorca), po prehodu skozi prvo lečo, padejo na drugo lečo skozi vstopno režo. Vstopna reža se nahaja v gorišču obeh zbiralnih leč. Dobimo vzporedno svetlobo, ki izhaja iz druge leče in nato pada na monokromator (glej sliko 3. in sliko 4.) (3.)

Monokromator (glej sliko 3. in sliko 4.) je naprava, ki se uporablja za razstavljanje svetlobe na posamezne valovne dolžine. V rabi so predysem različne uklonske mrežice ali filtri (2.). Uklonsko mrežico sestavljajo enake reže/odprtine, ki so enako oddaljene. Število teh rež je veliko (do 1000 na mm). Na režah se vzporedna svetloba, ki pade na mrežico ukloni, pri čemer se kot uklona svetlobe povečuje z valovnimi dolžinami vpadle svetlobe (najmanjši uklonski kot ima modra svetloba, največji pa rdeča) (3.).

2.2.2 FOTOMETRIJSKI DEL SPEKTROFOTOMETRA

Fotometrijski del spektrofotometra je zgrajen iz -fotoelektričnih sprejemnikov in –analogno-digitalnega pretvornika. Pri tem so fotoelektrični sprejemniki fotoelementi za merjenje odbite svetlobe s površine vzorca, ki je spektralno razdeljena in vpada v Ulbrichtovo kroglo (2.).

Merjenje svetlobe, kot elektromagnetnega valovanja, lahko poteka le indirektno s pretvorbo v električno energijo. Pri tem gre za pojav, ki je vzrok te pretvorbe in ga imenujemo fotoefekt (definiran kot medsebojni vpliv med sevanjem in materijo; ta vpliv označujeta absorpcija fotonov in nastanek prostih elektronov) (3.). Princip delovanja fotoelementa in njegovo zgradbo prikazuje slika 6.



Slika 6: Shematski prikaz zgradbe in principa delovanja fotoelementa (2.).

Pri tem deluje fotoelement na principu fotoefekta zapornega sloja. Tanka plast polprevodnika (S) je nanescena na osnovno nosilno kovinsko ploščo (pozitivni pol fotoelementa – glej sliko 6). Zelo tanek svetlobno prepustni sloj iz zlata, srebra ali platine (P) pa je neparjen na omenjeno polprevodno plast. Na prepustnem sloju je vtisnjen kontaktni obroč (O), omenjeni sloj pa hkrati tudi predstavlja negativno elektrodo fotoelementa. (2.).

Svetloba potuje skozi kontaktni obroč (O) in tanek porozni sloj (P) do polprevodniške plasti (S). Tu se svetloba absorbira in sproščajo se negativni elektroni (glej sliko 6). Elektroni prehajajo skozi zaporni sloj oz. stično ploskev med prevodnim (P) slojem in polprevodno plastjo (S) proti nosilni kovinski plošči (N). Vpadajoči svetlobni tok in upornost celotnega tokokroga določata fotoelektrični tok oz. število izločenih elektronov pod vplivom svetlobe (2.).

Najpogostejše so v rabi selenski in silicijevi fotoelementi (izbira polprevodnika). Pri tem je selenski fotoelement bolj občutljiv na svetlobo krajših valovnih dolžin, torej je njegova občutljivost podobna občutljivosti očesa pri dnevnem gledanju. Silicijev fotoelement je bolj občutljiv na svetlobo daljših valovnih dolžin (torej odstopa od krivulje občutljivosti očesa) (3.).

Kljub temu se v spektrofotometrih uporablja predvsem silicijev fotoelement, zlasti zaradi njegovih ostalih dobrih lastnosti kot so: počasno staranje, nizka občutljivost na temperaturo itd. Da bi prilagodili spektralno občutljivost fotoelementa krivulji občutljivosti očesa, uporabljamo posebne barvne filtre ali ustrezne korekcijske faktorje (3.).

Število merilnih mest pogojuje število fotoelementov (npr. za območje 400nm do 700 nm s korakom 20 nm potrjujemo 16 fotoelementov). Svetlobo toka v Ulbrichtovi krogli pa merimo s pomočjo referenčnega fotoelementa (2.).

Elektronski del spektrofotometra je zgrajen iz analogno-digitalnih pretvornikov. Le-ti pretvarjajo analogne signale fotoelementov v digitalne (signale v binarni obliki), ki jih potrebujemo za računalniško obdelavo (2.).

3 PRENOSNI IN SODOBNI SPEKTROFOTOMETRI

Danes imamo že razvite dokaj sodobne in zelo hitre avtomatske spektrofotometre (t.i. »auto-scan«), ki jih lahko povežemo z računalnikom (glej sliko 7) (6.) Sodobna grafična industrija zahteva uporabo spektrofotometrov, vključenih v računalniške sisteme, za določanje barvnih vrednosti in razlik ter receptiranje barv po priloženih vzorcih (glej sliko 8) (2.).



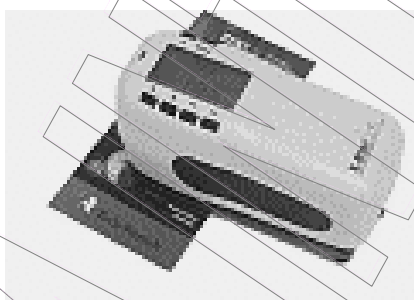
Slika 7: Primera sodobnih avtomatskih spektrofotometrov:

»X-Rite X-Rite DTP41B AutoScan Spectrophotometer – USB« (6.) ter »DTP41 Series II Autoscan Spectrophotometer.« (7.).



Slika 8: Primeri sodobnih avtomatskih sistemov s spektrofotometrom:

»ATS Scanning Spectrophotometer« (7.) ter »X-Rite Pulse ColorElite System« (8.)



Slika 9: Primer prenosnega spektrofotometra »X-Rite SP60 Portable Sphere Spectrophotometer« (9.)

Poleg omenjenega pa danes imamo ne le stacionarne spektrofotometre, pač pa tudi prenosne (mobilne) spektrofotometre, ki so zelo praktični in s priročno težo (glej sliko 9). Do razvoja

prenosnih spektrofotometrov je prišlo predvsem zaradi zahtev uporabnikov po prenašanju aparata in lažji izvedbi meritev (10.).

Mobilni (ročni) spektrofotometri omogočajo tudi kontrolno merjenje barv neposredno v proizvodnji (kontrola kakovosti) tako, da spektrofotometer prenesemo v proizvodnjo in opravimo meritve na samem kraju. Prav tako ni več potrebe po jemanju vzorcev, meritve pa so možne tudi na večjih ter težje dostopnih objektih (predmetih), kar s stacionarnimi spektrofotometri ni bilo mogoče (10.).

LITERATURA:

(1.) Jeler S. in Brigita L. 1991. *Spektrofotometri novejšje generacije kot sestavni del sistema za vrednotenje barve*. Barvna metrika: zbrano gradivo (referati in članki). Maribor, 1991. str.95-97. Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Oddelek za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo.

(2.) Golob, V. 1991. *Sodobni spektrofotometri*. Barvna metrika: zbrano gradivo (referati in članki). Maribor, 1991. str. 71-94. Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Oddelek za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo.

(3.) Golob , V. 2001. Barvna metrika. str. 62-68. Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo: Maribor.

(4.) Kuehni, R.G. 1997. Color: An introduction to practice and principles. John Wiley & Sons: NY.

(5.) Colourware Ltd: *Frequently asked questions about Colour Physics*.

URL: <http://www.colourware.co.uk/cpfaq.htm>

(ogled strani 17.02.2005)

(6.) vir slike na spletni strani:

URL: <http://www.dtgweb.com/store/product.php4?code=DTP41B>

(ogled strani 17.02.2005)

(7.) vir slike na spletni strani:

URL: http://www.grafitec.com/products_arts_1.htm

(ogled strani 17.02.2005)

(8.) vir slike na spletni strani:

URL: <http://www.central-camera.com/Digital/miscellany/monaco/PulseColorEliteSystem.htm>

(ogled strani 17.02.2005)

(9.) vir slike na spletni strani:

URL: http://www.techrentals.com.au/Products_Feature.asp?Model=XRI,SP60

(ogled strani 17.02.2005)

(10.) Jeler, S. in Lang, B./1991. *Spektrofotometri novejšje generacije kot sestavni del sistema za vrednotenje barve*. Barvna metrika: zbrano gradivo (referati in članki). Maribor, 1991. str. 95-97. Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Oddelek za strojništvo, Inštitut za tekstilno kemijo.