

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
DATORIKAS FAKULTĀTE

ELEKTRONISKAIS PAPĪRS
REFERĀTS

Autors: Osvalds Neiders
Studenta apliecības Nr.: on11005

RĪGA 2013

SATURS

SATURS	2
IEVADS	3
1. ĪSA ELEKTRONISKĀ PAPĪRA VĒSTURE	4
2. ELEKTRONISKĀ PAPĪRA VEIDI	6
2.1. Elektrolītiskās slapināšanas displeji (Electrowetting displays)	6
2.2. Elektropļūstoši ekrāni (Electrofluidic screens)	7
2.3. Interferometric modulator display (IMOD)	8
2.4. Electrophoretic screens jeb elektroforētiskie displeji	9
3. ELEKTRONISKĀ PAPĪRA PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS	11
3.1. Vispārējā e-papīra lietošana	11
3.2. Elektroniskā lasītāja Kindle Keyboard 3G apskats	11
4. ELEKTRONISKĀ PAPĪRA NĀKOTNES PERSPEKTĪVAS	14
4.1. Nākotnes tehnoloģijas perspektīvas	14
4.2. Jaunākās ierīces ar elektroniskā papīra ekrāniem, kas prezentētas Consumer Electronics Show (CES) 2013	14
SECINĀJUMI	18
INFORMĀCIJAS AVOTI:	19

IEVADS

Kaut arī mūsdienas ir plaši izplatīti un pieprasīti dažādu veidu šķidro kristālu un diožu ekrāni kā LCD, LED, AMOLED, tiem paralēli attīstās vēl kāds teksta un attēlu attēlošanas veids – elektroniskais papīrs, kas ikdienas priekšmetu uzlabošanā, kļūst aizvien populārāks un biežāk sastopams arī šeit, Latvijā.

Darba mērķis ir izpētīt elektroniskā papīra attīstības vēsturi, izprast tā darbības principus, kā arī gūt plašākas zināšanas par tā pielietojumu mūsdienās, kā arī tā perspektīvām nākotnē.

Uzdevumi:

- 1) Studēt un analizēt literatūras avotus;
- 2) Atlasīt, salīdzināt un apkopot iegūtos materiālus;
- 3) Izdarīt secinājumus par elektroniskā papīra tehnoloģijām un to pielietojumu mūsdienās.

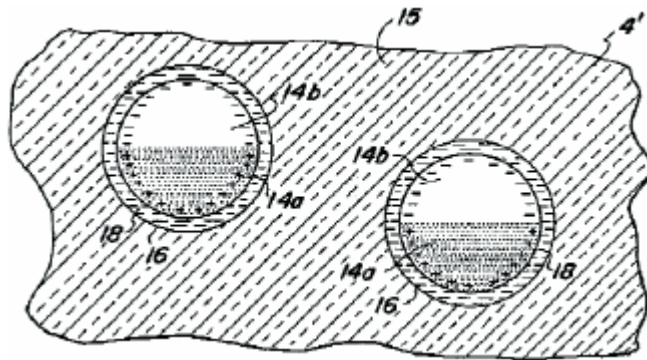
Temata izstrādāšanai pētīšu pieejamos materiālus Internetā saistībā ar elektroniskā papīra attīstības vēsturi, šobrīd pieejamajām tehnoloģijām, to pielietojumu sadzīvē, kā arī elektroniskā papīra nākotnes tehnoloģijas. Veikšu arī sava personīgā e-lasītāja „Kindle”, kas izmanto elektroniskā papīra tehnoloģiju, apskatu, lai noteiktu tā plusus un mīnus.

Referāta pirmajā daļā apskatīšu elektroniskā papīra vēsturi, otrajā daļā es atklāšu atšķirības starp dažādajām elektroniskā papīra tehnoloģijām, trešā daļa būs veltīta tā praktiskajam pielietojumam un „Kindle” apskatam, bet ceturtajā es pētīšu e-papīra nākotnes iespējas.

1. ĪSA ELEKTRONISKĀ PAPĪRA VĒSTURE

Termins „elektroniskais papīrs” neattiecas uz vienu specifisku tehnoloģiju. Šis termins vairāk reprezentē tehnoloģiju, kas izmanto noteiktu attēla reprezentēšanas tehniku. Līdz šim vēl nav izstrādāts vienots elektroniskā papīra standarts, taču ir iespējams nodefinēt tehnoloģisko „apgabalu”, kuram ir raksturīgas gan papīra, gan elektronikas īpašības. Elektroniskā papīra funkcionalitāte, kas raksturīga tieši šim ekrānu veidam, ir spēja elektroniski pārrakstīt displejā attēloto informāciju un spēja atcerēties pēdējo attēlu ar nelielu vai pat neeksistējošu strāvas patēriņu. Elektroniskais papīrs ir refleksīvā tipa displejs, kā arī to ir iespējams locīt.

Pirmais elektroniskā papīra modelis izmantoja tā saucamo rotējošo lodīšu displeja (*Twisting Ball Display*) tehnoloģiju, plašāk sauktu par Žirakonu (*Gyracon*). Tā izgudrotājs bija N. Šeridons, zinātnieks, kas strādāja kompānijas „Xerox” Palo Alto izpētes centrā. Viņš savu atklājumu veica 1970. gadā. Ekrāna modelis tika izveidots no silikona, kurš saturēja 75-106 mikrometrus lielas bumbiņas. Katra bumbiņas no vienas puse bija negatīvi uzladēts melns polimērs, bet no otras puses baltas krāsas, pozitīvi uzladēts polimērs, kas, galu galā, katru no lodītēm padarīja bipolāru. (1.1. att).



1.1 att – “Twisting Ball Display” shematisks attēlojums

Lodītes atradās šķidra polimēra slānī, kuru no abām pusēm ieskāva elektrodu pāris. Elektrods, kas bija vērts pret cilvēku bija caurspīdīgs, lai būtu iespējams redzēt attēlu. Strāvas polaritāte, kas tika pielietota noteica vai tiks parādīta lodītes baltā vai arī melnā pusē. Pēcāk, Šeridons pasludināja elektronisko papīru kā jauna mēdija konceptu, kas ar laiku aizvieto parasto papīru un drukāšanas ierīces. [1.]

Kaut arī šī tehnoloģija tika izstrādāta jau sen, ar nelieliem uzlabojumiem tā joprojām tiek izmantota arī mūsdienās. Piemēram, 2008. gadā japāņu kompānija prezentēja tapetes, ar kurām varētu noklāt istabas sienas. Šīs tapetes izmantoja šo pašu rotējošo lodīšu tehnoloģiju. [2.]

Kopš Šeridona izgudrotā pirmā elektroniskā papīra displeja, zinātnes pasaule ir devusi vairākas displeju tehnoloģijas, kuras varētu uzskatīt par elektroniskā papīra paveidu. To ir tik daudz, ka tās visas detalizēti referāta apjomā nebūtu iespējams apskatīt, taču šīs tehnoloģijas var iedalīt sadalīt 3 kategorijās:

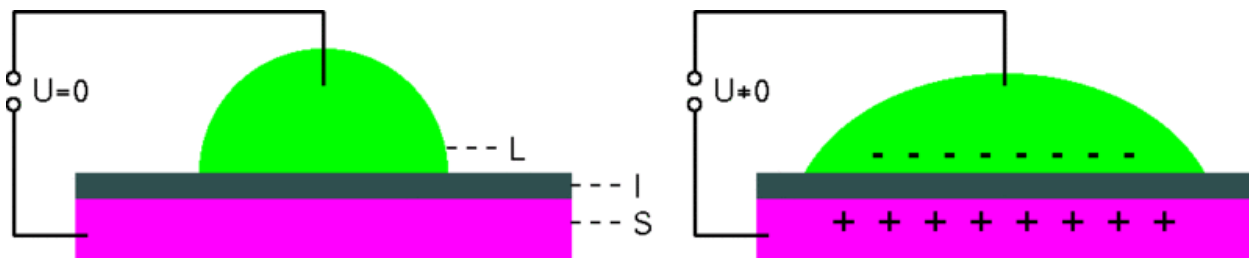
- 1) Displeji, kuri izmanto šķidros kristālus ar informācijas saglabāšanas iespējām;
- 2) Displeji, kuri ar strāvas impulsu palīdzību fiziski pārkārto krāsainas un uzlādētas daļiņas;
- 3) Displeji, kas izmanto atgriezeniskās krāsošanas metodi (*coloring-decoloring*). [1.]

2. ELEKTRONISKĀ PAPĪRA VEIDI

2.1. Elektrolītiskās slapināšanas displeji (Electrowetting displays)

Kā jau tika minēts iepriekš, tiek izstrādātas un arī praktiski pielietotas vairākas elektroniskā papīra tehnoloģijas. Iespējams, šis ir viens no iemesliem, kāpēc nav izveidots vienots standarts, bet ir definētas pazīmes, kas šāda tipa ekrānam piemīt. *Electrowetting* jeb elektrolītiskā slapināšana ir virsmas slapināmības īpašību modifēšana izmainot elektrisko lauku. Šo fenomenu pirmais novēroja un izskaidroja Nobela prēmijas laureāts Jonas Lippmann jau 1875. gadā, veicot eksperimentus ar dzīvsudrab kā arī citiem šķidrumiem, bet šīs īpašības izmantošana jauna tipa displeja izstrādei tika ierosināta tikai simts gadus vēlāk, proti 1981. gadā. [3.]

Teorētiski elektrolītiskā slapināšana tiek definēta, kā šķidruma un cietvielas saskares leņķa maiņa, pielietotā sprieguma dēļ, kas darbojas uzreiz darbojas uz cietvielu un elektrolītu. Elektrolītiskās slapināšanas fenomens ir labāk izprotams apskatot rezultējošo spēku, kas rodas pielietojot elektrisko lauku. [4.] Izplūstošais laukums pie elektrolītiskā šķidruma malām, velk to tuvāk elektrodam, samazinot tā kontaktleņķi un palielinot tā saskares virsmas laukumu. (2.1. att.)



2.1. att - Elektrolītiskās slapināšanas shematisks attēls (L- šķidrums, I- izolācija, S- substrāts)

Vēl uz šo procesu var skatīties no termodinamiskās perspektīvas. Tā kā virsmas spraigums tiek definēts kā Gibsa brīvā enerģija, kas nepieciešama, lai radītu noteiktu virsmas laukumu. Tā kā iesaistīts ir vielu lādiņš, pievienotās strāvas apjoms kļūst ļoti nozīmīgs vienādojumā, kas arī izskaidro laukuma izmaiņu.

Šī tehnoloģija joprojām tiek pētīta, pie tam līdz galam vēl nav noskaidrots, kāpēc tikai ierobežotam skaitam virsmu piemīt teorētiski paredzētā uzvedība. Amorfi fluor-polimēri ir līdz šim labākie atklātie elektrolītiskās slapināšanas materiāli, un ir novērots, ka šo materiālu īpašības var uzlabot pielietojot specifiskus gravējumus. Pazīstamākais šāda tipa materiāls ir teflons.

Praksē šī tehnoloģija tiek realizēta nedaudz savādāk, taču pamats paliek tāds pats, proti, kopā ar ūdeni tiek sajaukta iekrāsota eļļa, savukārt šim maisījumam var tikt padots spriegums.

Kad spriegums netiek pievienots, eļļa nostājās paralēli starp ūdeni un hidrofobisko elektroda izolāciju, rezultējoties iekrāsotā pikselī.

Kad pikselim tiek padots spriegums, potenciālu starpība starp ūdeni un izolācijas materiālu izmainās, slāņainais kārtējums vairs nav stabils, liekot ūdenim krāsaino eļļu pārvietot sānis. Tas dod dažēji caurspīdīgu pikseli. Gadījumos, kad elektroda izolācija ir nokārasota ar baltu, atstrojošu krāsu, sprieguma padeve dod baltu pikseli. Tā kā pikseļu izmērs ir mazs, lietotājs redz kopējo atspīdumu, kas nozīmē, ka rezultātā tiek iegūts spožs elements ar augstu kontrastu, kas svarīgi reflektīviem displejiem.

Šāda tipa displejiem ir vairākas pievilcīgas īpašības – attēla atsvaidzināšanas, jeb pikseļu slēgšanas ātrums ir gana liels, lai spētu attēlot video, pie tam ekrāns patērē mazāk strāvas nekā parastie LCD vai LED ekrāni, kā ar spēja atstarot gaismu ir līdzvērtīga vai vēl labāka salīdzinot ar citiem ekrānu tiem, kas tuvojas papīra reflektīvajām īpašībām. [5.]

Vēl, šī tehnoloģija dod iespēju ražot displejus, kas būtu četras reizes spožāki un ar agustāku spēju atstarot gaismu par reflektīvajiem LCD ekrāniem.

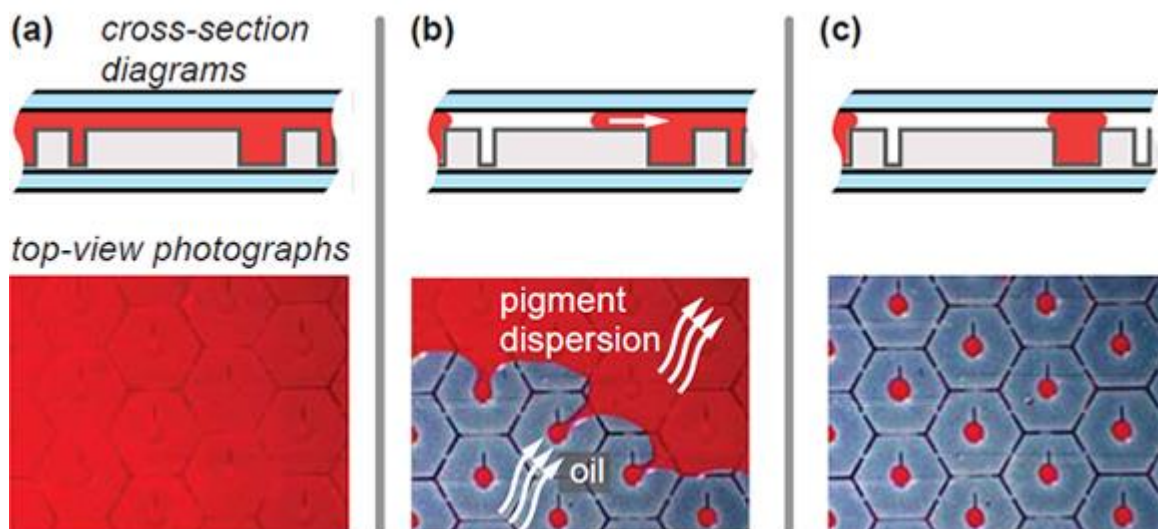
Atšķirībā no sarkanā, zaļā un zilā filtra vai mainīgu primāro krāsu segmentu izmantošanas, kas kopumā ļauj atstarot tikai vienu trešdaļu no krītošās gaismes vēlamajā krāsā, elektrolītiskā slapināšana pieļauj sistēmu, kurā viens sub-pikselis spēj neatkarīgi mainīt 2 krāsas. Tas nozīmē, ka divas trešdaļas no ekrāna laukuma atstaros jebkuru nepieciešamo krāsu. Šobrīd tas jau ir sasniegts, uzbūvējot pikseli, kas satāvēja no diviem individuāli kontrolējamiem eļļas krāsas slāņiem, kā arī krāsas filtra. Krāsas, kas šādā pikselī tiek izmantotas ir ciānas, fuksīna un dzeltenā, jeb tā dēvētās subtraktīvās krāsu sistēmas krāsas, līdzīgi kā tas tiek darīts tintes krāsu printeros. Vēl viens pluss salīdzinot ar LCD ekrāniem ir tas, ka nav nepieciešamība pēc polarizācijas filtriem, kas palielina ražošanas izmaksas un samazina gaismas apjomu.

2.2. Elektropūstoši ekrāni (Electrofluidic screens)

Šīs metodes pamattehnoloģija tika atklāta Sinsinati Universitātē, bet komerciāli to pielieto uzņēmums „Gamma Dynamics”.

Šī tipa ekrāni ir *electrowetting* displeju paveids, tie attēlo ūdenī izšķīdinātu pigmentu dispersiju, kas attiecīgi ir ievadīti sīkā rezervuārā. Šis rezervuārs aizņem <5%-10% no redzamā pikseļa laukuma, tāpēc pigments ir praktiski neredzams, kad tas nav nepieciešams. Spriegums ir jāpielieto, lai elektromehāniski izvilkto pigmentu ārā no rezervuāra un noklātu to kā parastu krāsu uz ekrāna substrāta. Rezultātā displejam ir līdzīgas krāsas un spožuma īpašības kā tinte, kas

drukāta uz parasta papīra. Kad spriegums tiek atvienots, šķidruma virsmas spraigums liek tam strauji saplūst atpakaļ rezervuārā. (2.2.1 att.)

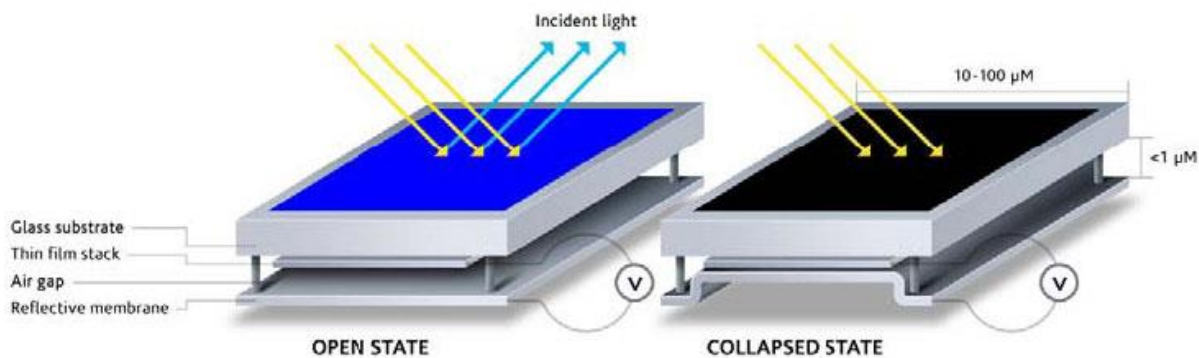


2.2.1. att. – Electrofluidic ekrāna darbības principi

Lai nepārtraukti varētu attēlot bildi, nepieciešama konstanta, neliela sprieguma padeve, kas arī ir šī ekrāna lielākais mīnuss.

2.3. Interferometric modulator display (IMOD)

Šī tehnoloģija izmanto gaismas interferences īpašības. Tā rada dažādas krāsas interferējot atstaroto gaismu. Krāsa tiek izvēlēta ar elektriski slēdzamu gaismas modulatori, kas sastāv no mikroskopiskas iedobes, kuru var atvērt uz aivērt, lietojot integerētu mikroshēmu, kura ir līdzīga tajai, ko lieto šķidro kristālu monitoros. Šāds dispels sastāv no siemtiem tūkstošu individuālu elementu. (2.3.1. att.)



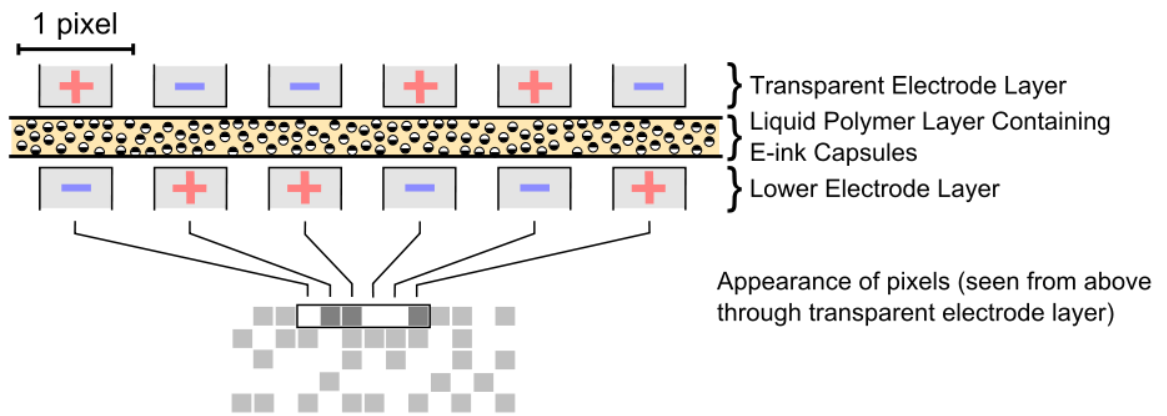
2.3.1. att.- Shematisks IMOD ekrāna darbības princips. 1 pikselis sastāv no 42 šādiem elementiem

Vienā stāvoklī, IMOD subpikselis atstaro gaismo noteiktā viļņa garumā, kamēr otrajā stāvoklī tas absorbē krītošo gaismu, tādā veidā izskatoties melns. Kad IMOD ekrānā attēlotais nemainās, tas patērē ļoti maz strāvas. Atšķirībā no parastajiem no mugurpuses apgaismotajiem ekrāniem, IMOD ļoti labi strādā saules apgaismojumā. 2010. gada prototipi spēja nodrošināt ekrāna attēla atsvaidzināšanu jau 15 reizes sekundē, bet jau 2011. gadā kompānija Qualcomm demonstrēja prototipu, kas spēja mainīt attēlu 30 reizes sekundē, kas ir piemērots ātrums video atskaņošanai.[7.]

2.4. Electrophoretic screens jeb elektroforētiskie displeji

Par elektroforētiskā displeja izgudrotāju uzskata Džozefu Džeikobsonu, kurš ar šāda tipa ekrāniem iepazīstināja pasauli 1996. gadā.[8.] Viņš arī vēlāk, kopā ar saviem kolēģiem un studentiem, kas palīdzēja pētījumu veikšanā, dibināja „E Ink Corporation”, kas ir mūsdienās lielākais elektroniskā papīra displeju ražotājs, pārvaldot 90% no kopējā elektronisko lasītāju ekrānu tirgus.[9.]

Visvienkāršākajā pielietojumā, elektroforētiskajā displejā titāna dioksīda daļiņas, kuru diametrs ir aptuveni viens mikrometrs, tiek izkliedētas ogļūdeņraža eļļā. Klāt vēl tiek pievienots tumšas krāsas pigments, daļiņu uzlādes un aktīvās vielas. Šis maisījums tiek ievietots starp 2 paralēlām strāvu vadošām plāksnēm ar 10 līdz 100 mikrometru lielu atstarpi, atkarībā no specifiskās tehnoloģijas. Kad spriegums tiek pievadīts šīm divām plāksnēm, daļiņas migrēs pie tās plāksnes, kas būs uzlādēta ar pretēju lādiņu, kāds ir pašai daļiņai. Kad daļiņa atrodas priekšpusē, kur tā ir redzama, tā izskatās balta, jo gaisma tiek izkliedēta atpakaļ uz cilvēka aci, titāna dioksīda augstās atstarotspējas dēļ. Kad šīs pašas daļiņas novietojas ekrāna aizmugurē, displejs izskatās tumšs, jo iekrāsotais pigments absorbē krītošo gaismu. Šiem ekrāniem aizmugurējais panelis ir sadalīts mazos reģionos, kur katram blakus esošam reģionam nav neviena cita elektroda ar tādu pašu zīmi. Citiem vārdiem sakot, tiek izveidots savdabīgs šaha laukums, kurā pielietojot pareizu spriegumu katrā no šiem reģioniem ir iespējams attēlot attēlu, kombinējot atstarojošus un absorbējošus reģionus.



2.4.1. att. -Elektroforētiskā ekrāna darbības princips

Šī tipa displeji tiek uzskatīti par labāko elektronisko papīru, papīrveidīgā izskata un zemā enerģijas patēriņa dēļ.

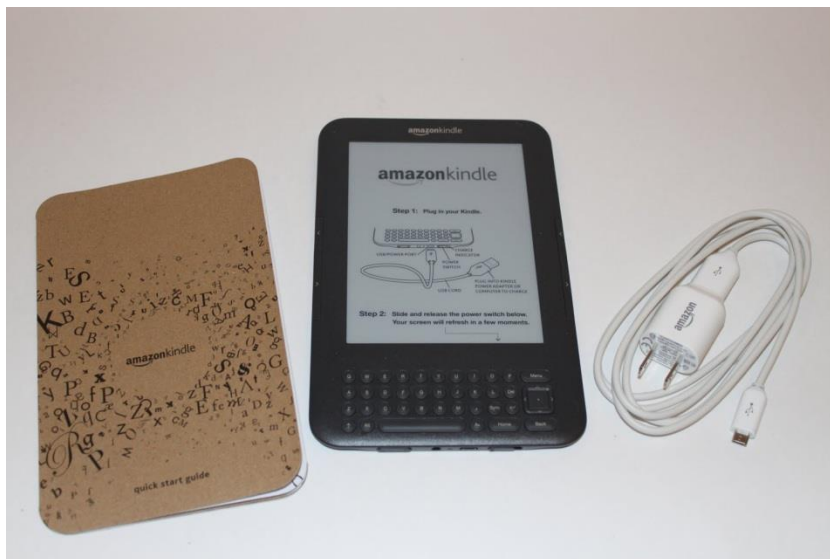
3. ELEKTRONISKĀ PAPĪRA PRAKTISKAIS PIELIETOJUMS

3.1. Vispārējā e-papīra lietošana

Līdz ar tehnoloģijas attīstību, elektroniskā papīra ražošana ir palikusi lētāka. Cenas samazināšanās, attiecīgi, patērētājiem to ir padarījis pieejamāku. Tā pielietojums kļūst plašāks ne tikai tādos patērētāju produktos kā elektroniskie lasītāji [10.] vai telefonu ekrāni [11.], bet arī industriālajā rūpniecībā un veikalos. Elektronisko papīru izmanto arī kā identifikācijas kartēs, kas var mainīt savus īpašniekus, elektroniskajās cenu zīmes, kas var no sistēmas nolasīt un mainīt savu saturu, reklāmas stendos, slimnīcas pacientu kartēs, rūpnīcu automatizācijā kā arī daudzās citās nozarēs.[12.]

3.2. Elektroniskā lasītāja Kindle Keyboard 3G apskats

Manā īpašumā jau gandrīz 4 mēnešus ir nonācis Kindle Keyboard 3G (turpmāk – Kindle), kura iegādes mērķis bija nodrošināt acīm draudzīgāku un lasīšanai piemērotāku platformu. (3.2.1.att.) Pirms iegādes biju izmēģinājis kā ir darboties ar šādu ierīci, un atzinu, ka man arī tāda tīri labi noderētu.



3.2.1.att – Kindle Keyboard 3G piegādes iepakojuma saturs

Par pašu ierīci: tai ir melns, patīkama materiāla korpus, pati ierīce ir neticami viegla salīdzinot ar šāda izmēra planšetēm kā Nexus 7 vai iPad Mini. Ierīce ir aprīkota ar pilnu qwerty klaviatūru. Pieejams ir arī modelis ar 3G uztvērēju, kas darbojas gandrīz visā pasaulē, kā arī Kindle atbalsta WiFi b/g/n standartus. Aizmugurē Kindle ir aprīkots ar stereo skaļruņiem. (3.2.2.att.)



3.2.2. att. – **Kindle skaļruņi**

Apakšpusē ir 3,5 mm audio izeja, Micro USB ports, skaļuma regulētājs kā arī atbloķēšanas poga. Ar pieejamo atmiņas apjomu 3GB ir iespējams saglabāt tūkstošiem grāmatu. (3.2.3. att.)



3.2.3. att. – **Kindle apakšējā daļa**

Pats svarīgākais – ekrāns. Ekrānam ir 600x800 pikseļus augsta izšķirtspēja, kas ir vairāk nekā pietiekami grāmatu lasīšanai. Pikselizāciju iespējams pamanīt tikai ļoti tuvu pieliecoties ekrānam, un tas spēj attēlot ļoti sarežģītus un detalizētus attēlus bez mazākās aizķeršanās. Ja tiek izmantots eksperimentālais Kindle pārlūks Interneta pārlūkošanai iespējams novērot attēlu spokošanās (*ghosting*) efektu, kas notiek tad, kad ekrāns netiek pilnībā atjaunots, bet sprieguma padeve tiek mainīta tikai atsevišķās vietās. Taču šī problēma ir minimāla, jo Kindle pats to automātiski izdara katru reizi, kad šis efekts sāk palikt uzkrītošs. Tā kā nekur ierīcē netiek izmantots stikls, ierīce ir ļoti izturīga, jo nereizi vien ir gadījies to nomest zemē. Vienīgais mīnuss, ko es novērju, kad sāku to lietot pirmajā dienā, bija tas, ka bija grūti pierast pie šīs neparastās tehnoloģijas. Acīm bija nepieciešamas pāris stundas, lai pierastu fokusēties uz ekrāna pareizajā vietā.

Elektroniskais papīrs manās acīs ir attaisnojis savas cerības, jo tas ir darījis visu, kā ir reklamēts – kopumā Kindle lādēju ik pēc pāris nedēļām lietojot to ikdienā, lasīt to tiešā saules gaismā pat ir ļoti patīkami, nav nekādas atstarošanās, kā tas ir raksturīgi LCD un LED ekrāniem.

4. ELEKTRONISKĀ PAPĪRA NĀKOTNES PERSPEKTĪVAS

4.1. Nākotnes tehnoloģijas perspektīvas

Kaut arī pagājušās desmitgades sākumā tika veikti daudzi pētījumi elektroniskā papīra attīstības jomā, masveida industriālā ražošana ir sākusies tikai tagad. Pie tā bija vainīga e-papīra tehnoloģiju lēnā attīstība un finansējuma trūkums, bet pateicoties tādū ierīču kā Kindle un Nook kļūšanai populārākām, straujāk attīstās arī e-papīra tehnoloģijas.

Kaut arī pirmie reālie krāsainie displeji tiek laisti ražošanā un ieviesti Krievijas skolās, tomēr šai tehnoloģijā ir nepieciešami krietni uzlabojumi, tāpat kā attēlu maiņas ātrumam, lai ar laiku pārādītos plašākā publikā ekrāni, kuri spēj attēlot video un spēles.

4.2. Jaunākās ierīces ar elektroniskā papīra ekrāniem, kas prezentētas Consumer Electronics Show (CES) 2013

Krievu kompānija Yotaphone prezentēja Android viedtālruni ar 2 ekrāniem. Priekšpuše tam parasts, augstas izšķirtspējas LCD displejs, bet aizmugurē ir elektroniskā papīra displejs, kas ļauj attēlot jaunumus no sociālajiem tīkliem, neatbildētos zvanus, īsziņas, laika ziņas, pat izmantot sekundāro ekrānu kā e-lasītāju. Ekrāns paredzēts, lai telefona enerģijas patēriņa samazināšanai, kā arī sniegtu lietotājiem jaunas iespējas. (4.2.1. att.) [13.]



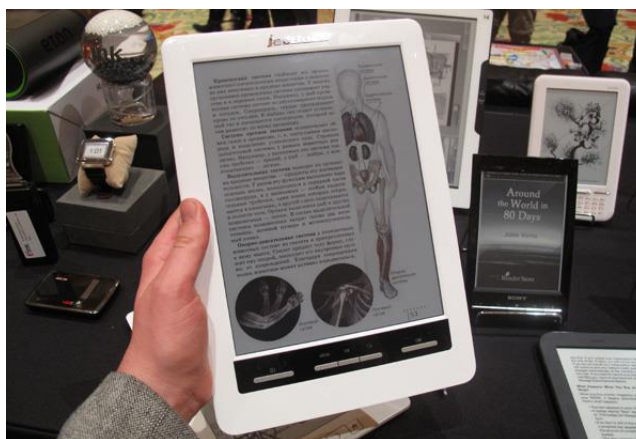
4.2.1. att. – Yotaphona ar 2 ekrāniem, Android OS, prezentēts CES 2013

Pasaulē plānākais pulkstenis – tas ir tikai 0.8 mm biezs, tā svars ir 12 grammi, spēj pilnībā uzlādēt bateriju 10 minūtēs un ar vienu uzlādi darboties līdz pat 1 mēnesim. Baterijas darbošanās cikls esot 15 gadi. Tā ekrāns ir veidots no elastīgiem materiāliem, bet korpuss ir no nerūsējošā tērauda. Tā īpašais dizains nodrošinās piespraužamu dizainu, kā arī būs brīvs no pogām. (4.2.2. att.) [14.]



4.2.2. att. – CST 01, pasaulē plānākais pulkstenis, kā ekrānu izmanto elektronisko papīru.

Pieejamāki kļūst krāsu elektroniskā papīra displeji. Kaut arī tehnoloģija ir attīstījies milzu soļiem, ikdienas lietošanā šādas ierīces mēs neredzēsim, jo šādu produktu attīstībai ir nepieciešami milzīgi līdzekļi. Par spīti visam, šādi e-lasītāji tiek izplatīti Krievijas skolās.[15.] (4.2.3. att.)



4.2.3. att. - Ectaco jetBook – krāsains e - lasītājs

Viens no elektroniskā papīra lielākajiem plusiem ir tā plānums un fleksibilitāte. Jau tagad ir pieejami brīvi lokāmi ekrāni. 2008. gadā tehnoloģiju gigants Samsung jau spēra kāju šajā lauciņā ar lokāmu OLED ekrānu, kas ir tikai 0.05mm biezs. (4.2.4. att.)



4.2.4. att. – CES 2008 Samsung prezentēja lokāmu OLED ekrānu

Atšķirībā no elektroniskā papīra tas izstaro gaismu, jo pikselus veido diodes, kas izstaro gaismu iztiekot bez aizmugurējā apgaismojuma. Tas ļāvis tehnoloģiju attīstīt tālāk atbrīvojoties no stikla substrāta aizstājot to ar lokānu membrānu.[16.] Šogad CES izstādē Samsung prezentēja telefonu ar lokāmu ekrānu, kas solis vēl tālāk un, iespējams, rādīja mūsu nākotnes telefonus.[17.] (4.2.5. att.)



4.2.5 att. – Samsung telefons ar lokāmu ekrānu

SECINĀJUMI

Izpētot pieejamo informāciju par elektronisko papīru secināju, ka šī tehnoloģija ir pieejama jau ir ļoti ilgu laiku, taču tehnoloģijas attīstību bremsēja salīdzinoši nelielais pieprasījums.

Masveida e-papīra ienākšana sadzīvē notika reizē ar Amazon Kindle iznākšanu, kas elektroniskā papīra tehnoloģiju pacēla nākamajā līmenī.

Elektroniskā papīra nākotne ir noteikti saistīta ar responsīvāku un ātrāku displeju izstrādi kā arī krāsainu ekrānu masveida ražošanu. Jau tagad parādās risinājumi, kas piedāvā vēl ciešāk integrēt elektronisko papīru mūsu ikdienā, un uzskatu, ka šī ir tehnoloģija, kurā ir vērts investēt, jo labs elektroniskais papīrs nodrošinās ilgāku ierīču baterijas darbības laiku un labāku lasāmību tiešā saules apgaismojumā.

INFORMĀCIJAS AVOTI:

1. Koshimizu M., The Past, Present, and Future of Electronic Paper. [skatīts: 12.01.2013.]
Pieejams: <http://www.informationdisplay.org/issues/2008/01/art6/art6.htm>
2. Otani T., [FPDI] Soken Shows Off Twist Ball Type E-paper Covering a Full Wall.
[skatīts: 12.01.2013.] Pieejams:
http://techon.nikkeibp.co.jp/english/NEWS_EN/20081104/160670/
3. G. Beni and S. Hackwood, Appl. Phys. Lett. 38, 4, pp.207-209, 1981
4. Chang, H.C., Yeo, L. (2009). *Electrokinetically Driven Microfluidics and Nanofluidics*. [Cambridge University Press](#).
5. Zyga L., Oil-based color pixels could let you watch videos on e-paper. [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams: <http://phys.org/news199330889.html>
6. Technology for reflective full-colour display. [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams:
<http://www.hindu.com/seta/2003/10/02/stories/2003100200060200.htm>
7. Simonite T., E-Reader Display Shows Vibrant Color Video. [skatīts: 12.01.2013.]
Pieejams: <http://www.technologyreview.com/news/426120/e-reader-display-shows-vibrant-color-video/>
8. Jacobson J., Nonemissive displays and piezoelectric power supplies. [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams:
http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?CC=US&NR=5930026&KC=&FT=E&locale=en_EP
9. Hanna J., E Ink's wild ride. [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams:
<http://www.alumni.hbs.edu/bulletin/2009/september/eink.html>
10. Kindle [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams: <http://www.amazon.com/Kindle-Ereader-ebook-reader/dp/B007HCCNJU>
11. Lim A., Motorola Motofone F3 review. [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams:
<http://reviews.cnet.co.uk/mobile-phones/motorola-motofone-f3-review-49289087/>
12. ECO-Sign Solution [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams:
<http://www.pervasiveDisplays.com/products/solutions>

13. Gold J. CES 2013: From Russia with e-Ink - hands-on with the YotaPhone [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams: <http://www.networkworld.com/news/2013/010913-ces-yotaphone-265676.html>
14. Huang S., CES 2013: CST unveils ultra-thin watch using E Ink display. [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams: <http://www.digitimes.com/news/a20130111PD216.html>
15. Video: E Ink's new color screen and how it work [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams: <http://www.digitaltrends.com/ces-videos/video-e-inks-new-color-screen-and-how-it-works/>
16. Smith T., Samsung demos 0.05mm-thick OLED panel. [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams: http://www.reghardware.com/2008/10/29/samsung_flapping_oled/
17. AP, Samsung shows bendable smartphone screen [skatīts: 12.01.2013.] Pieejams: <http://www.foxnews.com/tech/2013/01/10/samsung-shows-bendable-smartphone-screen/>