

САДРЖАЈ:

УВОД.....	2
ПОЈАМ И ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МЕЗОФАЗЕ.....	2
ТИПОВИ ТЕЧНИХ КРИСТАЛА	4
ОБЛАСТИ ПРИМЕНА ТЕЧНИХ КРИСТАЛА	5
ДИСПЛЕЈИ НА БАЗИ ТЕЧНИХ КРИСТАЛА	8
LCD МОНИТОРИ	9
ПРИНЦИПИ LCD ДИСПЛЕЈА	10
СТВАРАЊЕ БОЈА.....	12
TFT ДИСПЛЕЈИ	13
ПОРЕЂЕЊЕ СА ДИСПЛЕЈИМА СА КАТОДНОМ ЦЕВИ	15

УВОД

За кристале је карактеристично *постојање трансляционе симетрије*, односно периодичност у распореду структурних јединица. Међутим, утврђено је да постоје и чврста тела у ширем смислу речи чија је карактеристика управо *непостојање трансляционе инваријантности* (периодичности). То су аморфна тела и квазикристали. У системе који одступају од периодичности спадају и *течни кристали*, односно супстанце чије је основно својство да поседују таква стања која представља интермедијарну фазу између кристала (чврстог тела, у ужем смислу речи) и аморфне течности.

ПОЈАМ И ОСНОВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ МЕЗОФАЗЕ

Први резултати везани за ову област приписују се *аустријском ботаничару Рајницеру* (F. Reinitzer) који је изучавајући утицај холестерина и његових продуката на раст биљака 1888. године синтетисао нека нова једињења (холестерил бензоат нпр.) која су показивала нетипична својства. Наиме, изгледало је да при топљењу једињење пролази кроз *2 стадијума*: најпре се формира мутна течност, а при даљем загревању класични транспарентни растоп. При хлађењу бистра течност мењала се од плавкасте на температури прелаза, до љубичасте непосредно пре кристализације. Мутни растоп поседује оптичка својства једносног кристала, да би пораст температуре довео до нестанка оптичке анизотропије и образовања изотропне течности.

Немачки кристалограф Леман (Otto Lehmann) је 1890. године предложио назив *течни кристали*, комбинујућу тако 2 сасвим противречна појма.

Рајницер и Леман су после дискусија о овом феномену поставили тезу да је у питању ново термодинамичко стање (фаза) материје, које је Леман касније назвао “течно-кристално стање”.

У почетку та теза није била прихваћена у научним круговима: сматрало се да постоје само три агрегатна стања са јасно дефинисаним фазним прелазима (чврсто, течно и гасовито). Логична претпоставка је била да се ради о мешавини 2

различита једињења од којих је једно у кристалном стању. Како покушаји да се издвоје засебне компоненте нису дали резултата, преовладало је становиште да је *нађена потпуно нова форма материје*.

Француски физичар Фридел (G. Friedel) је 30-ак година касније, 1922. године, увео нови, данас такође врло распрострањен термин ~ мезофазно стање ~ мезофаза.

Под термином *течни кристали* подразумева се специфично агрегатно стање материје које представља интермедијарну фазу између кристала и аморфне течности. Термин *течни кристали* односи се на органске материје које у одређеној температурној области поседују прелазну фазу односно, посебно агрегатно стање које се налази између течног и чврстог. Материју у овом стању карактерише, по правилу, анизотропија неких физичких величина, а да се при томе испољавају као релеватне стандардне карактеристике конвенционалних течности: флуидност, вискозност, површински напон. Супротно чврстом кристалном стању, уређеност молекула у течном кристалном стању је само делимична и опада са порастом температуре. Молекули течних кристала могу бити у облику штапа, диска или банане....

Наиме, мезофаза егзистира у одређеном температурном интервалу, а одликује је структурно уређење које се налази између строго дефинисане тродимензионалне уређености својствене кристалним структурама, са јасно израженом симетријом и статистичког распореда у организацији молекула својственог течностима. Испод овог температурног интервала супстанца постоји само у чврстом, док изнад, само у течном агрегатном стању. Температура при којој чврста фаза прелази у мезофазу је *тачка топљења*(145,5°C), а температура прелаза из мезофазе у изотропну течност се назива *тачка просветљавања*(178,5°C).

ТИПОВИ ТЕЧНИХ КРИСТАЛА

По начину образовања мезофазе течни кристали се деле на:

- термотропне
- лиотропне.

Прва групација обухвата супстанце код којих је прелаз у интермедијарно стање изазван чисто термичким процесима, при чему могу да образују мезофазу у процесу загревања чврсте фазе, односно у процесу хлађења течности.

Према номенклатури коју је први предложио Фридел, термотропни течни кристали се деле на 3 велике класе:

- смектичке – просторно уређене по слојевима
- нематске – просторно неуређене
- холестеричке.

Реч *нематик* потиче од грчке речи, која у преводу значи конач или нит, а указује на кончасте дефекте у тим материјалима. *Смектик* је термин одабран због механичких својстава које га карактеришу, а сличне су својствима сапуна, док су *холестеричке мезофазе* име добиле по томе што материјали који поседују ову структуру представљају деривате холестерола и слични су му по изгледу.

Лиотропни мезоморфизам је последица утицаја растварача на молекуле, те се може рећи да се овде ради о течним кристалима који настају растварањем органских супстанци у води или одговарајућем органском растварачу и због тога концентрација раствора директно утиче на температуру област мезофазе.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНА ТЕЧНИХ КРИСТАЛА

Основно својство течних кристала које их чини погодним за примену је могућност управљања њиховим оптичким особинама спољашњим електричним или магнетним пољем. Спољашње поље утиче на оријентацију молекула, а на тај начин на оптичке особине материјала.

На електро-оптичким ефектима заснивају се следеће примене:

1. Конструкција дисплеја: трансмисионих, рефлективних и транс-рефлективних: пасивних и активних. Напон (електрично поље) утиче на светлосну пропустност или рефлективност пиксела дисплеја и тако ствара слику. Они се користе како за екране дисплеја, тако и унутар пројекционих система.

2. Електронски прекидачи светлости (оптички вентили) и модулација интензитета светлости у оптичким системима: електричним напонем се утиче на транспарентност материјала. Сноп светлости се пропушта, или прекида. Примена је у системима за оптичке комуникације.
3. Као активни оптички филтери: напон утиче на фреквентну карактеристику светлосног филтера – мења се опсег светлости који филтер пропушта. Развијени су, такође, филтери који пригушују узан опсег фреквенција, при чему се пригушена фреквенција напонски регулише.
4. За управљање правцем светлости: примене су у комутаторима светлости у оптичким комуникационим линковима (просторни оптички прекидачи са више улаза и излаза), селектори области и сл. У тим применама системи са течним кристалима (без покретних делова) показују неке предности у односу на конкурентне микро-електромеханичке системе. Друге примене су за управљање правцем светлости у разним прецизним системима, као на пример хелија за самокорекцију правца светлости (системи за писање и читање оптичких дискова) или у холографији.
5. За контролу и стабилизацију равни поларизације у оптичким системима. Примена је, такође, у оптичким комуникацијама.
6. Употреба у електронски контролисаној нелинеарној оптици (НЛО): ради се на течно-кристалним материјалима који могу да замене скуп LiNbO_3 у хелијама за разне НЛО функције.
7. Медијум за меморисање холографских слика.
8. Електронска фотографија, флексибилни електронски дисплеји и електронске књиге.

До пробоја у области примене дошло се открићем и демонстрацијом концепта дисплеја: *1968. године направљен је дисплеј са динамичким расејањем на нематским течним кристалима, а 1971. године прва ТН ("twisted nematic"-уврнути нематик) хелија.* Течно-кристални материјали нису били довољно квалитетни за комерцијалну употребу. Могућност комерцијалне примене нагло су поспешила истраживања течних кристалих супстанција, како на академским институцијама, тако и у индустрији. Интензиван рад у индустрији и специјализованим институцијама последњих деценија довео је до развоја великог

броја квалитених материјала. Главна мотивација развоја била је могућност примене у ТВ дисплејима. Данас постоје веома различити дисплеји са течним кристалима и многи од њих су нашли примену у специјалним областима.

Уобичајни типови у свакодневној употреби су:

- активни дисплеји са матрицом TN ћелија које побуђује матрица MOS (“metal oxide semiconductor” – метал оксид полупроводник) транзистора у технологији танког филма за рачунарске мониторе (стони и преносиви)
- активни дисплеји са VA/VMD и IPS ћелијама за собне телевизијске екране
- пасивни дисплеји са TN/STN за индикаторске дисплеје (калкулатори, мерни инструменти, сатови, информациони панои...).

Неки други типови дисплеја са течним кристалима су се недавно комерцијално пробали у специфичним сегментима тржишта:

- рефлективни холестерички дисплеји за преносиве мале системе на батерије или без напајања
- фероелектрички мали дисплеји за пројекционе системе или у визиру (скупих) камера. Примена у колор-секвенцијалним дисплејима.

Могућности примене течних кристала су велике.

Основни предуслови за масовну комерцијалну употребу течних кристала су:

- чистоћа: могућност набавке синтетизованих материјала високе чистоће (без јона)
- широк температурни опсег мезофазе
- поуздане и јефтине микро-фабрикационе технологије (развијене за микроелектронску, микромеханичку и друге индустрије)
- квалитетне подлоге за добијање уређених слојева (“alignment layers”) и разумевање процеса оријентације.

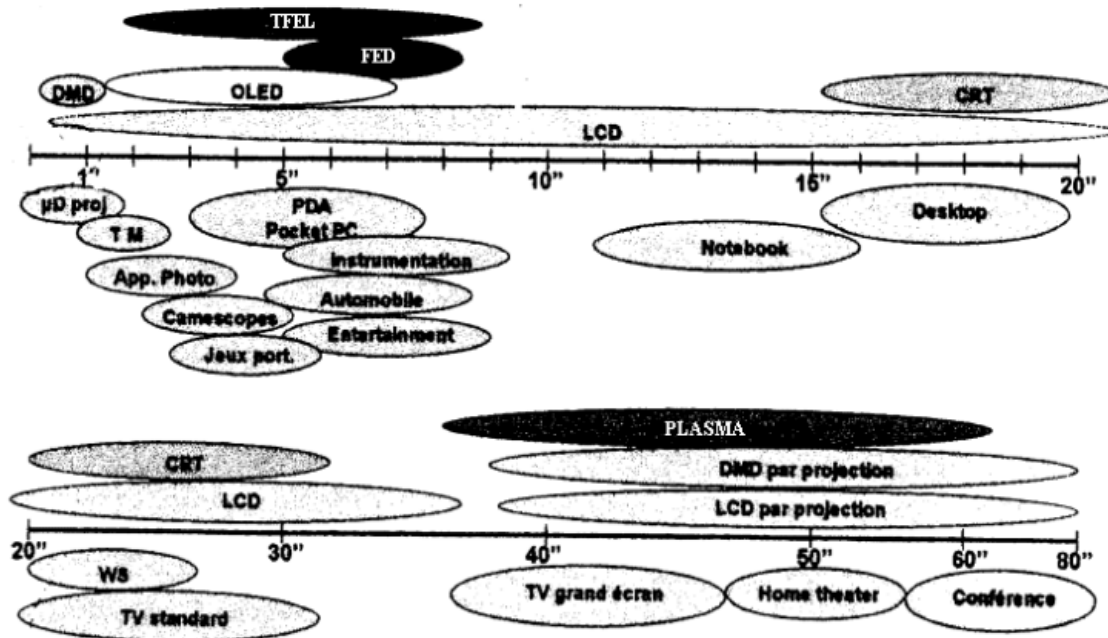
Комерцијалне течно-кристалне смеше данас се праве од великог броја чистих течно-кристалних супстанција са примесима. Чак, додавање високо-анизотропних супстанција, али без течно-кристалне фазе, може значајно да побољша карактеристике смеше. Параметри који се подешавају су: анизотропија индекса преламања, вискозности, температурни опсег мезофаза, праг напона, угао увртања, дужина корака спирале, пермитивност, отпорност, напон рада ћелије, време

искључења ћелије, преносна карактеристика ћелије (транспарентност у функцији напона), као и температурна стабилност, стабилност на УВ зрачење..

ДИСПЛЕЈИ НА БАЗИ ТЕЧНИХ КРИСТАЛА

Електронски показивачи информација чији је основни материјал течни кристал (LCD – liquid crystal display) могу да се класификују на разне начине. Могу се поделити по: типу течног кристала који се користи (нематици, смектички, холестерици), методама за управљање (адресирање), оптичким ефектима типовима супстрата: крути и флексибилни, потребне енергије за рад и одржање слике, итд.

Такође, принципи рада дисплеја са течним кристалима су различити: обртање равни поларизације, динамичко расејање, апсорпција примесама или рад на бази Брагове рефлексације. Области примене дисплеја су велике. Различите технологије користе се за дисплеје различитих димензија. На слици илустроване су технологије за дисплеје чија је дијагонала у распону од 2 cm до 2 m, као и типичне области примене.



технологије дисплеја за различите димензије (дијагонале) дисплеја: од 1" (2.5cm) до 80"(2m)

У области малих дисплеја доминирају:

- OLED – органске LED (light emission) диоде, за светле емисионе дисплеје
- TFEL – електролуминесцентни дисплеј у танком филму
- FED – дисплеј са емисијом поља
- DMD – рефлективни дисплеји са матрицом од микро-електро-механичких огледала (MEMS).

Типичне примене малих дисплеја су за микро-дисплеје у пројекторима, камере, фото-апарати, играчке, мерни инструменти и показивачи. Дисплеји са течним кристалима се користе у различитим изведбама од најмањих до највећих величина. Код малих димензија доминирају пасивни дисплеји, а код средњих и великих активни. Типичне примене дисплеја средње величине од 25-80 cm су лаптопови, стони рачунари, терминали и дисплеји радних станица (Work stations). Велики дисплеји праве се у “плазма” технологији, или се велика слика добија пројектором. Различити пројектори који користе течне кристале су конструисани. Типичне

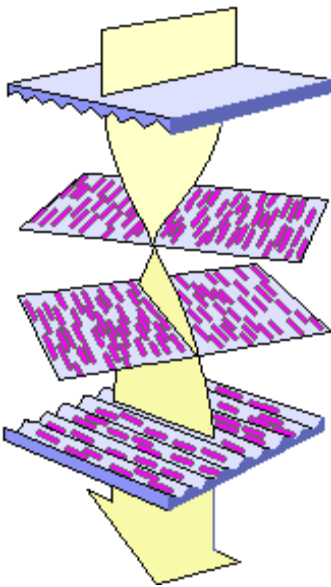
примене великих дисплеја (преко 1м дијагонале) су кућни биоскопи и конференцијске сале.

LCD МОНИТОРИ

Данас многи верују да је LCD технологија која ће највероватније заменити монитор са катодном цеви. Од свог почетка, технологија се значајно развила, тако да данашњи производи више не личе на старе, неспретне монохроматске уређаје. Она се појавила пре технологија равних екрана и има неосвојив положај у области преносних и ручних РС рачунара, где је на располагању у два облика:

- јефтинији DSTN (dual-scan twisted nematic - обрнути нематик са двоструким скенирањем)
- транзистор са танким филмом TFT (thin film transistor) за слику високог квалитета

ПРИНЦИПИ LCD ДИСПЛЕЈА



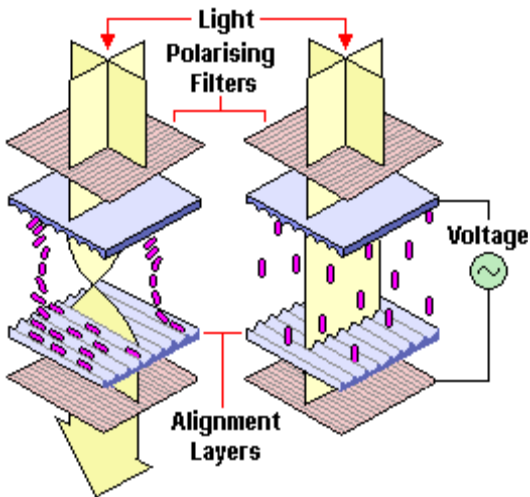
LCD је трансмисивна технологија. Дисплеј ради тако што пропушта променљиве количине белог позадинског светла сталног интензитета кроз активни филтер. Црвени, зелени и плави елементи пиксела добијају се једноставним филтрирањем белог светла. Већина течних кристала су органска једињења која се састоје од дугачких молекула у виду шипке који се, у свом природном стању, распоређују тако да су им подужне осе приближно паралелне. Могуће је прецизно контролисати поравнање ових молекула ако се течни кристал наноси на fino избраздану површину. Поравнање молекула тада прати бразде, па ако су оне сасвим паралелне, такав ће бити и распоред молекула. У свом природном стању, LCD молекули су распоређени на слободан начин, са паралелним подужним осама. Међутим,

када дођу у додир са површином избразданом у сталном правцу, они се поређају паралелно дуж тих бразда.

Први принцип једног LCD дисплеја састоји се у постављању течног кристала у "сендвич" између две fino избраздане површине, где су бразде на једној површини нормалне (под углом од 90 степени) у односу на бразде на другој површини. Ако су молекули на једној површини поређани у правцу север-југ, а молекули на другој у правцу исток-запад, онда су они између присиљени да буду у стању обртања од 90 степени. Светлост прати поредак молекула и зато се обрне за 90 степени док пролази кроз течни кристал. Међутим, на основу открића, када се течни кристал стави под напон, молекули се сами поређају вертикално, дозвољавајући светлу да прође без обртања.

Други принцип једног LCD дисплеја ослања се на особине поларизујућих филтера и саме светлости. Таласи природне светлости су оријентисани под случајним угловима. Поларизујући филтер је једноставно скуп невероватно финих паралелних линија. Ове линије дејствују као мрежа, заустављајући све светлосне таласе сем оних који су (случајно) оријентисани паралелно тим линијама. Други поларизујући филтер чије су линије распоређене нормално (под углом од 90 степени) у односу на линије првог филтера би зато потпуно зауставио ту већ поларизовану светлост. Светлост би прошла кроз други поларизатор ако би његове

линије биле тачно паралелне са првим, или ако би сама светлост била обрнута тако да одговара другом поларизатору.



Типичан обрнути нематички (TN – twisted nematic) течни кристал састоји се од два поларизујућа филтера са међусобно нормално распоређеним линијама (под углом од 90 степени) који би зауставили сву светлост која би покушала да прође кроз њих. Али, између ових поларизатора се налазе обрнути течни кристали. Зато се светлост поларизује помоћу првог филтера, обрће за 90 степени помоћу течних кристала и најзад потпуно пролази кроз други поларизујући филтер. Међутим, када се прикључи електрични напон на течне кристале,

молекули се престоје вертикално, дозвољавајући светлости да прође кроз њих без обртања, али се она зауставља на другом филтеру. Последица тога је да ако *нема напона* - светлост пролази, а ако се *напон укључи* - нема светлости на другом крају. Кристали у LCD дисплеју могли би бити алтернативно распоређени, тако да светлост пролази када има напона, а не пролази када га нема. Међутим, како су екрани са графичком спрегом скоро увек укључени, штеди се електрична енергија ако се кристали распоред тако да када нема напона - пролази светлост.

СТВАРАЊЕ БОЈА

Да би се створиле нијансе потребне за дисплеј са верним бојама, морају да постоје неки средњи нивои осветљености између пуног светла и потпуног одсуства светла које пролази кроз екран. Мењање нивоа осветљености које се тражи да би се направио дисплеј са верним бојама постиже се променом напона под који се стављају течни кристали. Течни кристали се у ствари обрћу брзином која је директно сразмерна напону, омогућавајући тако да се управља количином светлости. У пракси, ипак, промена напона данашњих дисплеја са течним

кристалима нуди само 64 различите нијансе по елементу (6 bita), супротно од дисплеја у боји са катодним цевима који могу да створе 256 нијанси (8 bita). Уз употребу три елемента по пикселу, то има за резултат да дисплеји са течним кристалима у боји могу да дају максимално 262.144 различите боје (18 bita), поређено са мониторима у правој боји са катодним цевима који дају 16.777.216 боја (24 bita). Како мултимедијске примене постају све распрострањеније, недостатак праве 24-битне боје на дисплејима са течним кристалима постаје озбиљно питање. Док су 18 бита добри за већину примена, то је недовољно за фотографију или видео. Неке конструкције дисплеја са течним кристалима успеле су да прошире дубину боје на 24 бита приказујући наизменично различите нијансе на узастопним освежавањима кадра, што је техника позната као FRC (Frame Rate Control - контрола брзине кадра). Међутим, разлика је сувише велика, запажа се треперење.

ТФТ ДИСПЛЕЈИ

Многа предузећа су усвојила технологију транзистора танког филма (ТФТ - Thin Film Transistor) да би побољшала екране у боји. У ТФТ екрану, такође познатом и као активна матрица, на LCD панел је повезана додатна матрица транзистора - по један транзистор за сваку боју (црвену, зелену и плаву) сваког пиксела. Ови транзистори управљају пикселима, елиминишући једним ударцем и проблем паразитних дуплирања слика и малу брзину одзива који муче не-ТФТ дисплеје са течним кристалима. Резултат су времена одзива екрана реда 25 ms, односи

контраста у области од 200:1 до 400:1 и вредности осветљаја између 200 и 250 cd/m^2 (кандела по квадратном метру). Елементи сваког пиксела од течних кристала су уређени тако да у њиховом нормалном стању (без укљученог напона) светлост која долази кроз пасивни филтер је "погрешно" поларисана и зато заустављена. Али, када се напон прикључи на елементе течних кристала, они се обрћу до 90 степени у сразмери са напоном, мењајући своју поларизацију и пуштајући да прође више светлости. Транзистори управљају степеном обртања и сходно томе интензитетом црвених, зелених и плавих елемената сваког пиксела који уобличава слику на екрану. TFT екрани могу да се направе много тањим од LCD-ова, што их чини лакшим, а брзине освежавања са сада приближавају онима које имају катодне цеви, јер ови најновији раде око десет пута брже од DSTN екрана. VGA екрани захтевају око 921.000 транзистора (640x480x3), док је за резолуцију од 1024x768 потребно 2.359.296 транзистора и сваки треба да буде непрекоран. Комплетна матрица транзистора треба да се произведе на једној јединој скупој силицијумској плочици и присуство не више од неколико нечистоћа. То доводи до великог расипања и главни је разлог за високу цену TFT дисплеја. То је такође разлог зашто је у сваком TFT дисплеју вероватно да ће се наћи неколико неисправних пиксела чији су транзистори отказали.

Постоје два феномена који дефинишу неисправан LCD пиксел:

- "Упаљен" пиксел, који се јавља као један или више случајно распоређених црвених, плавих и/или зелених пиксела елемената на потпуно тамној позадини
- "Недостајући" или "мртав" пиксел који се јавља као црна тачка на потпуно белој позадини

Први је чешћи и резултат је случајног кратког споја транзистора, што има за последицу да је пиксел (црвени, зелени или плави) стално укључен. Нажалост, после склапања уређаја, поправка самог транзистора није могућа. Може се онеспособити неисправан транзистор помоћу ласера. Међутим, то ће само створити црне тачке које ће се појавити на белој позадини. Стално укључивање пиксела је прилично честа појава у производњи дисплеја са течним кристалима, па произвођаци постављају границе - засноване на трошковима производње и

повратним информацијама од корисника - колико неисправних пиксела је још увек прихватљиво за дати LCD панел. Циљ постављања тих граница је да се одржи разумна цена производа уз минимизацију одвраћања корисника због лошијег квалитета у погледу неисправних пиксела.

На пример, панел са резолуцијом од 1024x768 - који садржи укупно 2.359.296 (1024x768x3) пиксела - и који има 20 неисправних пиксела, имао би процент неисправних пиксела од $(20/2359296)*100 = 0.0008 \%$.

ПОРЕЂЕЊЕ СА ДИСПЛЕЈИМА СА КАТОДНОМ ЦЕВИ

Следећа табела даје поређење између дисплеја са течним кристалима од 13,5 инча са пасивном матрицом (PMLCD), са активном матрицом (AMLCD) и монитора од 15 инча са катодном цеви:

Врста дисплеја	Угао гледања	Однос контраста	Брзина одзива	Осветљај	Потрошња електричне енергије	Животни век
LCD са пасивном матрицом	49-100 степени	40 : 1	300 ms	70 - 90	45 W	60.000 сати
LCD са активном матрицом	више од 140 степени	140 : 1	25 ms	70 - 90	50 W	60.000 сати

Монитор са катодном цеви	више од 190 степени	300 : 1	непознато	220 - 270	180 W	више година
--------------------------	---------------------	---------	-----------	-----------	-------	-------------

Однос контраста је мера која показује колико је светлији чисто бели излаз у поређењу са чисто црним излазом. Што је контраст већи, то је слика оштрија, а бело ће бити чистије. У поређењу са LCD дисплејима, монитор са катодном цеви нуди далеко највећи однос контраста. Време одзива се мери у милисекундама и односи се на време које узима сваки пиксел да би одговорио на команду коју прима. Време одзива се користи само када се говори о LCD дисплејима, због начина на који они шаљу свој сигнал. AMLCD дисплеј има много боље време одзива од PMLCD дисплеја. Време одзива се не примењује на мониторе са катодним цевима због начина на који они приказују информације (електронски млаз који побуђује фосфор). Има много различитих начина на које се може мерити осветљај. Што је већи ниво осветљености (који се у табели представља већим бројем), то ће светлије бити приказано бело на дисплеју. Када се дође на животни век LCD дисплеја, цифра се односи на средње време између отказа за равни панел. То значи да ће он, уколико стално ради, имати средњи живот од око 60.000 сати пре него што изгори. То би било једнако око 6,8 година. У односу на то, катодне цеви могу да трају много дуже. Међутим, док LCD дисплеји једноставно изгоре, катодне цеви постају слабије како старе и у пракси немају могућност да дају осветљај према ISO стандардима после око 40.000 сати употребе.

ЛИТЕРАТУРА:

- „Експериментална физика кондензоване материје“, Светлана Лукић
- Д. Ж. Обадовић, М. Станчић, Т. Т. Катона, “Течни кристали и њихова примена”, Едиција “Универзитетска научна књига”, Нови Сад (1999)
- Биљана Марјановић: Електро-оптичке ћелије са течним кристалима, Природно-математички Факултет, Универзитет у Новом Саду, дипломски рад (2007)