II. A TECNOLOGIA DOS MOSTRADORES DE CRISTAL LÍQUIDO:HISTÓRIA DE SEU DESENVOLVIMENTO *

A.P.MAMMANA, C.A.PISANI, S.KOBAYASHI E A. PAVANI FILHO

Setor de Instrumentos e Componentes
DEE/FEC/UNICAMP
C.P. 6176, 13100 Campinas, SP.

Os mostradores de cristal líquido (LCDs), ao lado dos eletroluminescentes (ELDs), váćuo-fluorescentes (VFDs) e de plasma (GPDs), compõem a última geração de mostradores planos, na qual se destacam principalmente pelo baixo consumo de potência, versatilidade, simplicidade e custo. Tratando-se de um setor de alta tecnologia de grande dinamismo interessa-nos analisar a história de sua evolução a nível mundial, de forma a estabelecer uma correlação entre o estágio atual da tecnologia e os esforços envidados pelos países que a dominam. Não pretendendo responder completamente a questão preocupamo-nos, neste trabalho, em dar subsídios para um estudo mais aprofundado sobre a viabilidade de implantação, no país, de uma indústria nacional de mostradores de cristal líquido.

LCD,Histórico,Tecnologia

1. Introdução

O desenvolvimento de sistemas informáticos cada vez mais complexos depende da disponibilidade de sistemas de exibição de informação - mostradores ou "displays" - refinados, dentre os quais o tubo de raios catódicos (cathode ray tube ou CRT) tem ocupado uma posição de destaque. No entanto a disseminação do uso de sistemas mais inteligentes e portáteis tem forçado o desenvolvimento de novos mostradores, os chamados painéis planos (flat panel displays) que possam competir com os CRTs na qualidade da imagem, com vantagens nas dimensões, simplicidade de fabricação e custo.

*Este trabalho foi realizado no Instituto de Microeletrônica do Centro Tecnológico para Informática através do Convênio CTI/UNICAMP, Termo Aditivo 008/85 do Contrato SEI/CTI 126.25.50.

Compõem a última geração de painéis planos os mostradores de cristal líquido (liquid crystal displays ou LCDs), os de plasma gasoso (plasma gas displays ou PGDs), os de fluorescência no vácuo (vacuum fluorescent displays ou VFDs) e os de eletroluminescência (electroluminescent diplays ou ELDs), apesar de que CRTs cada vez menores e mais compactos também vem sendo desenvolvidos. Todas essas tecnologias vêm sofrendo refinamentos que estão permitindo aumentar as dimensões dos mostradores,reduzir sua espessura, ao mesmo tempo em que é dramaticamente ampliada a densidade de informação exibida.

O interesse industrial despertado pelos mostradores de cristal líquido direcionou-nos a estudar as condições necessárias para que se venha desenvolver e fabricar no país esses dispositivos (1). Tratando-se de um setor de grande complexidade e dinamismo, preocupamo-nos em entender quais as ações necessárias para que se possa incorporar essa tecnologia à nossa cultura industrial, ainda incipiente na área de componentes e materiais de alta densidade tecnológica.

Neste trabalho, o segundo de uma série que publicamos (1,2), efetuamos uma revisão de alguns aspectos históricos da tecnologia de mostradores de cristal líquido do tipo nemático torcido (LCD-TN), procurando entender que ações foram decisivas no seu desenvolvimento a nível mundial. A partir de uma análise dos esforços internacionais de pesquisa até agora empreendidos, procuramos estabelecer uma relação entre o estado de evolução tecnológica e os esforços envidados pelos países que dominam esta tecnologia. Não pretendendo responder completamente a questão, propusemo-nos neste trabalho, a dar subsídios para um estudo mais aprofundado sobre a viabilidade de implantação, no país, de uma indústria nacional de mostradores de cristal líquido.

2. História dos LCDs

Cristal líquido, mesofase ou estado mesomórfico são termos sinônimos normalmente empregados para descrever um estado de agregação da matéria que exibe ordem molecular num alcance equivalente ao apresentado pelos cristais, apesar dessas substâncias atuarem como líquidos viscosos. Embora esses termos apresentem uma contradição intrínseca, seu emprego continua prevalecendo por falta de uma terminologia mais adequada ou talvez apenas pela tradição de uso.

O desenvolvimento histórico da área de cristais líquidos começou com o estudo da morfologia, sendo que os trabalhos pioneiros começaram a aparecer em 1877 com Lehmann (3), que até 1922 publicou com colaboradores 135 trabalhos na área. O mérito da descoberta dos cristais líquidos foi durante muito tempo motivo de controvérsia, mas tanto Lehmann como Reinitzer (4) contribuiram marcadamente com seus trabalhos na fase inicial para serem reconhecidos como seus descobridores. Um levantamento histórico exaustivo dos trabalhos publicados em cristais líquidos até o presente, foi realizado por Hans Kelker e Rolf Hatz em seu "Handbook of Liquid Crystals" (5), o qual apresenta uma

coletânea de mais de 8200 referências, entre publicações, patentes e livros.

Apesar dos cristais líquidos terem sido estudados intensamente desde 1877, foi apenas em 1924 que Vorlander (6), pela primeira vez considerou a idéia de sua aplicação técnica, sem no entanto encontrar uma possibilidade prática para isso. Foi somente nas últimas duas décadas que um estudo intensivo e renovado das propriedades dos cristais líquidos foi efetuado em função do interesse nas aplicações tecnológicas.

Dois eventos prepararam o caminho para esse desenvolvimento tecnológico: a descoberta do efeito de espalhamento dinâmico (DSM), descrita na patente de Williams, depositada nos EE.UU. em 1962 (7), e a síntese do MBBA (p-metoxibenzilidena-p-n-butilanilina), um cristal nemático à temperatura ambiente, proposta na Alemanha em 1969 (8). Nesta época mais de 500 publicações sobre as propriedades físicas e químicas desses compostos e misturas foram efetuadas, e outros nemáticos com baixo ponto de solidificação foram também sintetizados.

Foram feitas descobertas de outras aplicações para os cristais líquidos, a dos colestéricos abrangendo o uso na indicação de temperatura especialmente em Medicina, em testes não destrutivos de materiais e na absorção e registro de campos eletromagnéticos no espectro de microondas, ultravioleta, infravermelho e ultrassom. Apesar dos nemáticos serem mais importantes em sistemas de imagem, o armazenamento de imagens pode ser melhor realizado com os colestéricos. As diversas possibilidades das aplicações técnicas dos cristais líquidos foram amplamente discutidas em uma série de artigos de revisão (são citados vinte artigos no capítulo 14 da referência 6) e em alguns livros (9 a 11).

Do ponto de vista dos LCDs que são as aplicações mais relevantes dos cristais líquidos, tem a maior importância a capacidade de multiplexagem, as temperaturas de operação e armazenagem, a complexidade e densidade de configurações exibidas, as dimensões (área e espessura) das células e a cor, entre outros parâmetros. O tipo de cristal líquido nemático torcido empregado na confecção desses dispositivos determina a maior parte desses parâmetros, conforme já foi discutido em artigo anterior (1). Dentro deste enfoque teve e continua tendo o maior interesse a pesquisa por novos cristais líquidos, seus métodos de síntese, ao lado do estudo de suas propriedades físico-químicas. Novas misturas com seus corantes configuram-se também como uma das grandes linhas de pesquisa tendo em vista as vantagens que apresentam. Os grandes avanços tecnológicos efetuados nessas áreas têm história recente conforme se pode observar no Quadro I que relaciona os acontecimentos mais marcantes na evolução dos LCDs.

Além do desenvolvimento de novos cristais líquidos, suas misturas e corantes, facilmente identificáveis como pertencentes à história dos LCDs, outros avanços tecnológicos tiveram também importante papel no processo evolutivo desses dispositivos. É o caso por exemplo da tecnologia de filmes finos aplicada às

diferentes camadas usadas na célula do mostrador (1); dos adesivos quimicamente inertes em presença dos cristais e com propriedades mecânicas adequadas para a selagem do vidro; e finalmente dos polímeros passíveis de tratamento superficial que garanta a ancoragem ordenada das moléculas do cristal. Por exemplo, as dimensões dos LCDs, limitadas pelo material e método de obtenção do filme condutor e transparente que recobre o vidro, normalmente de dióxido de estanho ou de óxido de índio e estanho (1), dependeu de intensos esforços de pesquisa e desenvolvimento nestes filmes ao longo das últimas décadas. Apesar desses esforços não objetivarem especificamente as aplicações em LCDs, eles foram decisivos para o avanço de sua tecnologia (12).

Contribuiram também indiretamente para a evolução da tecnologia de LCDs os desenvolvimentos efetuados em tecnologia de circuitos integrados, desde as conquistas em máscaras, resinas fotossensíveis e técnicas fotolitográficas, como principalmente o desenvolvimento dos métodos de fabricação em grande escala, sob condições ambientais altamente controladas. Resumindo, os avanços tecnológicos efetuados, tanto no que se refere a obtenção dos materiais e métodos empregados na confecção das células, como na metodologia de fabricação em grande escala , permitiram obter dispositivos de melhor desempenho elétrico, mais confiáveis e duráveis, a um custo bem menor.No entanto a divulgação de informações sobre esses avanços foi dificultada de forma a proteger os interesses industriais afetos.

Por volta de 1970, nos laboratórios da Westinghouse, nos EE.UU., iniciaram-se estudos sobre os problemas de endereçamento dos LCDs-DSM, buscando-se a integração dos circuitos aos mostradores propriamente ditos de uma forma independente da tecnologia empregada em sua fabricação. A companhia postulava uma maneira de se chegar aos "displays" de grandes áreas, pelo emprego de dispositivos ativos diretamente sobre estes. Para diferenciar dos circuitos de acionamento convencionais os arranjos matriciais destes dispositivos ativos eram chamados de matrizes ativas de endereçamento. A tecnologia de construção pretendida era a de confecção dos circuitos integrados, isto é, empregando substratos de silício monocristalino. Como os "displays" deveriam ter áreas de até 12" seria muito difícil construí-los sobre lâminas de silício, daí a procura por uma tecnologia de transistores de filmes finos de silício policristalino. Baseado neste trabalho, em 1972 foi descrito o primeiro "display" de grande área e alta resolução com 12.000 pontos de imagem (pixels)(14). Em contrapartida, em 1975, apareceu a primeira televisão de dispositivos eletroluminescentes, também endereçados com transistores de filmes finos. Em 1978 apareceu, por seu lado, uma televisão de projeção a LCDs.

A Panelvision, a partir de 1980, concentrou esforços na aplicação das matrizes ativas de LCDs, empregando CdSe como o material semicondutor, por ter este uma alta mobilidade e, portanto, um melhor desempenho em altas frequências (14). Por seu lado, os japoneses preferiram a tecnologia de polissilício ou silício amorfo,

concentrando nesta área grandes esforços de pesquisa e desenvolvimento nos últimos anos.

O Quadro I sintetiza esses acontecimentos mais marcantes na área, quais sejam os resultados mais importantes de pesquisa, novos desenvolvimentos e novos protótipos, ilustrando a história dos LCDs.

QUADRO I
História do Desenvolvimento dos LCDs

1874 - Lehmann publica o primeiro trabalho sobre as propriedades físicas dos "cristais plásticos", especialmente de iodeto de prata (3).
1922 - Friedels propõe a classificação e a terminologia dos cristais líquidos até hoje aceita como esméticos, nemáticos e nemático-colestéricos.
1924 - Vorlander pela primeira vez propõe a idéia de utilização dos cristais líquidos em dispositivos, mas não encontra uma possibilidade de viabilizá-la (6).
1962 - É descoberto o efeito de espalhamento dimâmico (DSM) em cristais nemáticos, descrito em patente americana depositada por Williams (7).
1965 - É fundado o primeiro instituto de pesquisas acadêmicas em cristais líquidos em Kent, Ohio, e realizada a primeira conferência internacional em cristais líquidos onde foram enfocadas as primeiras possibilidades de aplicações técnicas do DSM.
1969 - É sintetizado o MBBA que apresenta característide cristal nemático à temperatura ambiente (8).
1970 - Têm início os estudos sobre o endereçamento dos LCDs-DSM por matrizes ativas, na Westinghouse, EE.UU.(13).
1971 - São descobertos os efeitos do campo elétrico na atividade óptica de cristais líquidos nemático-torcidos por Schadt e colaboradores (14).
1972 - É apresentado o primeiro "display" de LCDs-DSM de grande área e alta resolução, de 12.000 pixels, desenvolvido pela Westinghouse (13).
1973 - É desenvolvido um "display" multicolorido de cristal líquido nemático (TN-LCD).
1975 - É desenvolvido o primeiro protótipo de TV de dispositivos eletroluminescentes endereçados por transistores de filmes finos (TFTs).
1978 - É desenvolvido o primeiro protótipo de LCD para exibição de imagens satisfazendo as condições mínimas para aplicação em TV (15).
1978 - É desenvolvido o primeiro "display" para osciloscópio (16).
1979 - É desenvolvida a primeira TV portátil usando LCD (17).
1979 - É desenvolvida uma tecnologia de transistores de filmes finos para acionamento de LCDs alfanuméricos e de vídeo (18).
1981 - É desenvolvida a tecnologia "Guest-Host" para "displays" coloridos (19).
1981 - É desenvolvido um "display" de vídeo com matriz ativa usando a tecnologia "Dichroic Guest-Host" (19)

1983 - É proposta a tecnologia do "Chip-on-Glass" pela Videlec, na Suiça.
1983 - É desenvolvida a primeira TV colorida pela Suwa Seikosha e pela Epson, com 2" (20).
1984 - É desenvolvido um painel colorido de 7,23" de diagonal com TFT de silício amorfo (21).
1985 - São desenvolvidos pela Matsushita grandes painéis de 3m x 12m para uso público (22).
1985 - É desenvolvido um protótipo de TV de LCD de 13" pela Suwa Seikosha (23).

3. A evolução da tecnologia de LCDs-TN

Uma avaliação da evolução da tecnologia de mostradores de cristal líquido depende de um levantamento exaustivo das contribuições científicas e tecnológicas relevantes ao processo de desenvolvimento. Considerando que o bem tecnológico é em geral protegido por patentes, optamos por avaliar a concentração de esforços mundiais no desenvolvimento da tecnologia de LCDs através do levantamento das patentes depositadas nos países que assinam o Acordo Internacional de Patentes, a partir de referências na literatura. Simplificámos assim o nosso trabalho de busca, que de outra forma estaria muito dificultado.

Classificamos essas patentes por ano de depósito e por país em que foram solicitadas, procurando dessa forma, na medida do possível, identificar a regionalidade dos esforços de desenvolvimento a elas associados. Como não pudemos efetuar uma busca junto aos organismos internacionais de propriedade industrial, por insuficiência de tempo e dos recursos demandados, entenda-se que o conjunto de dados é incompleto, abrangendo apenas um período curto, de 1925 a 1976, sendo que nossas referências cobriam apenas parcialmente os anos 1975 e 1976 (ex. ref.5).Por outro lado não pudemos identificar a origem do invento, mas apenas o país em que foi depositado o pedido de privilégio. Apesar disso, acredita-se que haja uma forte correlação entre o número de inventos e o envolvimento efetivo do país em que os pedidos são efetuados.

No histograma da figura 1 estão relacionados os inventos por ano e por país anotando-se nele os acontecimentos mais marcantes da Tabela I de forma a se poder estabelecer uma correlação entre os desenvolvimentos mais importantes e a forte concentração de esforços em pesquisa e desenvolvimento que, em consequência, seguem desencadeados.

Nossa análise fica prejudicada ainda pela falta de dados sobre as patentes depositadas depois de 1976, uma vez que um grande desenvolvimento ocorreu depois deste ano, conforme se depreende dos dados do Quadro I. Apesar disso algumas observações importantes podem ser feitas sobre o histograma da figura 1, como por exemplo pode-se observar o crescimento rápido do número de patentes a partir de 1969, quando foi sintetizado o MBBA, viabilizando as aplicações dos LCDs-TN. Supondo-se que a cada desenvolvimento ou invento efetivamente realizado

corresponda uma patente, o histograma da figura 2 ilustra quão intenso tem sido o esforço mundial em mostradores de cristal e quão recente êle é,podendo ser associado com a curva de evolução da tecnologia.

A análise da produção de patentes por países (fig. 1) mostra a entrada dos japoneses na área em 1968, crescendo acentuadamente sua produção a partir de 1970, e se destacando nitidamente a partir de 1972.

A participação americana só foi importante no período de 1966 a 1971, à exceção de 1970, quando os japoneses a igualaram. A contribuição americana é decrescente depois de 1971, tornando-se a partir daí pouco expressiva em face à japonesa.

Ainda que as patentes européias em cristais líquidos tenham sido fundamentais para o desenvolvimento da tecnologia, como um todo, seu volume é bem menor do que o produzido no Japão e nos Estados Unidos, predominando a contribuição alemã seguida da inglesa, francesa e suíça.

O histograma da figura 3 relaciona o número de patentes em LCDs e suas aplicações, depositadas no Brasil no período de 1973 a 1982, conforme levantamento a partir de busca isolada junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI).

Apesar de não se poder estabelecer uma correlação entre os histogramas das figs. 1 e 3, por serem distintos os períodos abrangidos, ainda assim algumas observações são importantes numa análise comparativa entre ambos. Em primeiro lugar as patentes solicitadas em nosso país refletem, de certa forma, a situação internacional quanto aos países de origem, apesar de seu número ser inexpressivo em face aos totais mundiais. Isto tem a ver com o pequeno envolvimento brasileiro na área, confirmado pela constatação dramática de que nenhuma patente aqui depositada, no período, é brasileira.

A não ser por um pico japonês em 1975, o número de patentes aqui depositado é aproximadamente constante no período mencionado.

4. Os países detentores da tecnologia de LCD.

Apesar de historicamente a primeira tecnologia ter sido proposta nos EE.UU. em 1962 (7), apenas no início da década de 1970, graças ao mercado de calculadoras portáteis, teve início a indústria de LCDs-DSM naquele país. Todavia os problemas de qualidade decorrentes do estágio deficiente em que se encontrava tornava forte a concorrência enfrentada em face às tecnologias de ELDs e de VFDs.

No período de 1973 a 1974 a Suiça iniciava a produção de LCDs para relógios digitais com tecnologia decorrente da patente também suiça, de 1971, do modo de torção por campo elétrico (LCD-TN)(14).

No Japão a produção em 1973 das primeiras calculadoras com LCD-DSM provocou entre as empresas uma competição que impulsionou o desenvolvimento da tecnologia de LCD-TN transformando-a numa promissora substituta da DSM, vindo a ocupar uma posição de liderança já na segunda metade da década de 70. Segue-se a conquista pelos japoneses do

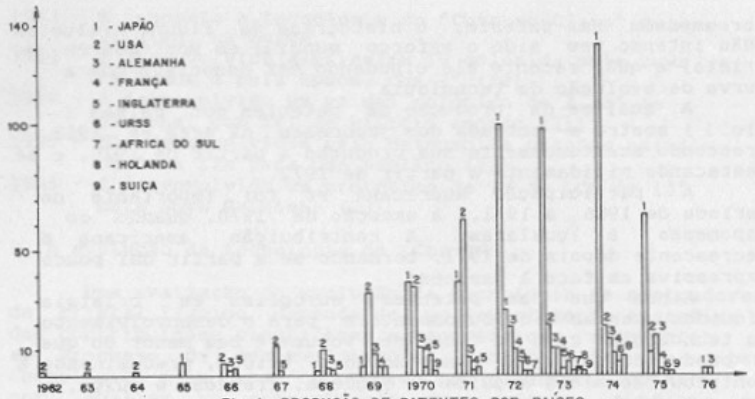


Fig. 1 - PRODUÇÃO DE PATENTES POR PAÍSES

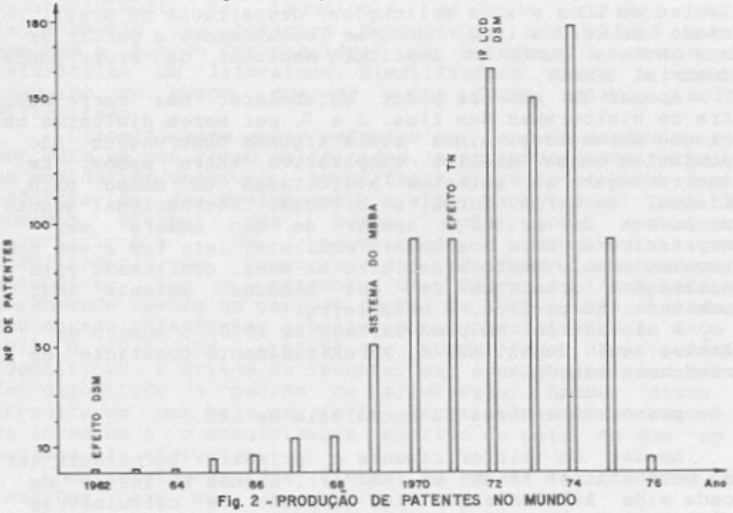


Fig. 2 - PRODUÇÃO DE PATENTES NO MUNDO



Fig. 3 - PATENTES DEPOSITADAS NO BRASIL

mercado de relógios digitais, com a introdução pela Suwa, dos LCDs em relógios de baixo e médio custo.

Em resumo, enquanto os EE.UU. intensificavam seus esforços na tecnologia DSM e a Suiça se empenhava em comercializar sua tecnologia LCD, o Japão, percebendo o potencial da tecnologia de LCDs como um todo, investia maciçamente em suas duas versões DSM e TN. Foi a crença dos Japoneses no novo produto e sua insistência em pesquisa e desenvolvimento que levaram à melhoria da qualidade e redução nos custos de produção.

A partir de 1979 a diversificação das aplicações de LCDs em instrumentação, telefonia e na industria automotiva motivou o desenvolvimento de "displays" maiores, acentuando-se a liderança japonesa, manifestada não apenas pela maior capacidade de inovação e pela maior qualidade alcançada, como também por sua maior experiência na produção em larga escala.

A liderança japonesa foi consequência dos esforços intensos em pesquisa e desenvolvimento empreendidos nos últimos 14 anos da história dos LCDs, decorrente mais de um crédito no futuro da tecnologia do que nas exigências para as aplicações imediatas. Esse comportamento foi nitidamente diferente do comportamento americano que levou à pouca importância daquele país no cenário mundial presentemente. A presença européia, por sua vez, marcada por investimentos bem menores na área, manteve-se de certa forma graças à ocupação de determinados nichos de mercado, apesar da tecnologia de fabricação ser menos competitiva do que a japonesa. De qualquer maneira os europeus mantiveram a posição de liderança na produção dos cristais líquidos para atendimento do mercado mundial, graças à proteção de patentes nessa área.

5. O Estado atual da Tecnologia

Conforme se depreende do que foi exposto até aqui, a tecnologia de mostradores de cristal líquido tem história muito recente construida através de grandes esforços mundiais de pesquisa, concentrados nos países de grande desenvolvimento tecnológico em especial nos Estados Unidos e Japão. É nítida a liderança deste último a partir de 1972, tendendo essa liderança a se acentuar ainda mais para o futuro em consequência dos esforços que vêm sendo maciçamente empreendidos não apenas no desenvolvimento de materiais e dos dispositivos propriamente ditos, mas principalmente nas técnicas de produção.

O desenvolvimento da tecnologia de mostradores de cristal líquido tem estreita correlação com o lançamento, no mercado, de novos produtos , os quais demandavam componentes para exibição de informação, com características de baixo consumo de potência, baixa tensão de acionamento, portabilidade, grande durabilidade, versatilidade e baixo custo. Graças a esses atributos a tecnologia de LCDs ganhou vantagem em relação às suas competidoras (ELDs, VFDs, GPDs e CRTs)

Suas características de produção muito se assemelham às dos circuitos integrados, tanto por permitirem a fabricação em grande escala de placas de grandes dimensões,

correspondendo a dezenas de unidades a serem posteriormente cortadas, como por empregar processamento fotolitográfico similar ao dos circuitos integrados, e finalmente por exigirem condições ambientais estritas no que se refere à limpeza, qualidade do ar e da água durante a fabricação.

Como resultado dos avanços realizados encontram-se disponíveis no mercado "displays" com os mais diversos atributos em dimensões, cores, e configurações exibidas, os quais operam em intervalos de temperatura bastante amplos (-30 a +80 C), com características de desempenho que atendem às exigências de inúmeras aplicações, da eletrônica de consumo à eltrônica profissional, com características adequadas de multiplexagem, tempo de resposta, contraste , brilho e ângulo de visada. O fato de poderem ser fabricados para aplicações específicas ou cativas, em projetos dedicados, lhe conferem uma característica semelhante à dos produtos em OEM.

Como resultados mais importantes dessa tecnologia citamos os painéis gráficos de 400x700 pixels operando com altas taxas de multiplexagem, já anunciados, e as televisões de 13 polegadas que, como seus produtos mais avançados, refletem um domínio em materiais, processos fotolitográficos e da tecnologia de fabricação, notadamente no controle de processos.

Visando aplicações em "displays" gráficos e de vídeo de grandes dimensões , esta tecnologia tem tomado um caminho que a aproxima ainda mais da tecnologia microeletrônica, pela incorporação de processos que possibilitam a construção de dispositivos eletrônicos ativos diretamente sobre o vidro, de modo a minimizar os problemas de endereçamento, tempo de resposta, e multiplexagem. Esta tecnologia, utilizando capacitores e transistores de filmes finos, já superou os problemas inicialmente enfrentados de processamento em altas temperaturas, que exigiam o emprego de substratos de quartzo, graças ao desenvolvimento já alcançado em materiais e processos, principalmente pelo emprego de silício amorfo que é processado a baixas temperaturas.

6. Conclusões

A análise histórica da tecnologia de mostradores de cristal líquido do tipo nemático torcido mostrou ser seu desenvolvimento muito recente apesar de se conhecerem os cristais líquidos há 108 anos. Foi apenas em 1969 que a aplicação dos cristais líquidos nemáticos torcidos foi possível, com a síntese do MBBA. Do ponto de vista da tecnologia de fabricação das células, uma série de contribuições em materiais e processos viabilizaram o desenvolvimento e a industrialização desses mostradores, apesar de ser difícil de se levantar a estreita correlação entre esses desenvolvimentos e a evolução dos LCD's dada a abrangência áreas envolvidas.

O levantamento de patentes depositadas pelos países que hoje detêm essa tecnologia como um indicador dos esforços de pesquisa e desenvolvimento empreendidos regionalmente indica que a posse de uma tecnologia competitiva só é conseguida graças a grandes

investimentos materiais e humanos bem orientados e objetivos nesse sentido. A importância da pesquisa e desenvolvimento no Japão decorrente de um forte crédito no futuro da tecnologia de LCDs, mais do que a preocupação em atender as aplicações imediatas foi responsável pela posição destacada daquele país no cenário internacional.

O levantamento das patentes depositadas no Brasil no período de 1973 a 1982 reflete apenas a presença dos países detentores da tecnologia no cenário internacional. Nenhum esforço brasileiro na área pôde ser identificado indicando que grandes investimentos deverão ser realizados em pesquisa e desenvolvimento caso o país deseje implantar um parque industrial em LCD's, nessa área, com alto potencial de inovação e competitividade. Deve-se neste caso aproveitar a lição dos países desenvolvidos que acreditam na importância de uma indústria de componentes de alta tecnologia, ao mesmo tempo em que se deve ter consciência de quão árdua é alcançá-la e que por isso mesmo ela deve suscitar posições discordantes quanto à sua viabilidade. O fato da indústria de LCDs ser internacionalizada, como a de circuitos integrados, coloca sérios entraves aos países que procuram entrar retardatariamente no setor, devendo ser mais um fator de estí mulo para que se estude a proposição de uma política industrial capaz de orientar e suportar a implantação e manutenção de um parque industrial na área.

Agradecimentos

Agradecemos ao Dr.Miguel Teixeira de Caryalho, Diretor Geral de CTI, pelo apoio e incentivo na realização deste trabalho.Ao Dr.Carlos Ignacio Zamitti Mammana, Diretor do Instituto de Microeletrônica, ao Dr.Nicolau Januzzi, à Economista Virgínia Guanaes, e aos demais pesquisadores do IM, agradecemos as sugestões ao longo de profícuas discussões realizadas naquele Instituto.

7. Referências

(1) A.P.Mammana, S.Kobayashi, A.Pavani Filho, C.A.Pisani "Tecnologia de Mostradores de Cristal Líquido: uma avaliação crítica", submetido para apresentação no XIII Seminário Integrado de "Software" e "Hardware" da SBC, a se realizar em Recife, em julho de 1986.

(2) A.P.Mammana, S.Kobayashi, A.Pavani Filho, C.A.Pisani "A Tecnologia de Fabricação de Mostradores de Cristal Líquido", a publicar.

(3) O.Lehmann, Diss. StraBburg 1877; Physikalishe Isomerie.

(4) F.Reinitzer, Monatshefte 9, 421(1888); Zur Kenntnis des Cholesterins.

(5) H.Kelker & R.Hatz,"Handbook of Liquid Crystals", Verlag Chemie GmbH, D-6940 Weinheim, 1980.

(6) D.Vorlander, Chemische Kristallographie der Flussigkeiten (Akad. Verlagsge:Leipzig).1924. 90pp,C.A.19,954(1925).

(7) R.Williams, U.S.

3,322,485 (9. 11. 1962), C.A. 68,34254e (1968): Electro-optical elements utilizing an organic nematic compound.

(8) H.Kelker, B.Scheurle, Angew. Chem. 81,903(1969), C.A.72,36734t (1970); Nematische Phase mit besonders niedrigem Erstarrungspunkt. (9) M.Tobias, Handbook of Liquid Crystal Displays, 1975-76 (Ovum: London) 1975. 181pp., C.A. 83,106172m (1975).

(10) T.Kallard, Liquid Crystals and their applications (Optosonic Press : New York). 1970. 219pp., C.A. 73,49(64r (1970).

(11) T.Kallard, State of the Art Review, vol.7 : Liquid Crystal Devices (Optosonic Press : New York) 1973, 365pp., C.A. 79,119453w (1973).

(12) Z.M.Jarzebski, Phys.Stat.Sol.(A) 1971,13(1982).

(13) P.Brody, F.C.Luo & P.Malmberg, "Active Matrix addressing enhances flat panels", Electronics, July 12, 1984.

(14) M.Schadt & W.Helfrid, "Voltage dependent optical activity of a twisted nematic liquid crystal", Appl.Phys.Lett.18 (4), 127-128, 1971.

(15) G.Meier, E.Sackmann & J.G.Grabmaier, Applications of Liquid Crystals (Springer: Berlin) 1975. 164pp., C.A. 85,71077w (1976).

(16) E.Kaneko, H.Kawakami & H.Hanmura, "Liquid Crystal Television Display", Proc. SID 19(2), 49-54, 1978.

(17) M.Hosokawa, K.Oguchi, M.Ikeda, K.Endo & S.Yazawa, "Dichroic Guest-host LC active matrix video display", SID 81 Dig., pp. 114-115.

(18) F.C.Luo, W.A.Hester & T.P.Brody, "Alphanumeric and video performance of a 6" x 6" 30 lines per inch thin film transistor liquid crystal display panel", Prot. SID 19, pp. 63-67, 1979.

(19) T.J.Scheffer, "New multi-color liquid crystal display that used twisted nematic electro-optical cell", J.Appl.Phys., 44 (11), 4799-4803, 1973.

(20) C.Cohen,"Color TV set with LCD screen fits in pocket", Electronics, May 31, 1983.

(21) A.K.Bindra, "Technology vie for dominance", Electronics, May 17, 1984, pp.105-106.

(22) H.Beerman & D.M.Weber," New display formats give users better show for fewer bucks", Electronics Week, April 22, 1985.

(23) D.M.Weber, "Manufacturers refine established technologies", Technology Update in Electronics, Nov.4, 1985.