てれび・さろん 名誉会員からのメッセージ ～次代を担う若者に向けて～

液晶ディスプレイの研究開発を通して

名誉会員 内田 龍男[†]

キーワード：液晶ディスプレイ (LCD) の研究開発、トランジスタの発明、ディスプレイの進化、液晶ディスプレイ (LCD) のカラー化、液晶の分子配向、液晶ディスプレイ (LCD) の応用

1. まえがき

皆様の参考になるかどうか分かりませんが、研究を進める中で自分が悩んだり苦労した経験がいくらかでも皆様のお役に立てばと考えて書いてみました。

私が生まれたのは終戦の2年目で、物資は乏しく、みんな生きていくことに精いっぱい時代でした。そのような中で、わくわくするようなこともいくつかありました。その1つは小学校の時に友達が手のひらに入るような小さな鉱石ラジオを学校に持ってきて見せてくれことです。どうしてこんな小さくて簡単なものでラジオが聞けるのか、驚くとともに不思議でなりません。以来、理科、とりわけ電気に深い興味を持つようになりました。中学生のころには、真空管を使ってラジオや拡声器、無線送信機や受信機などを作ってますます興味を深めていきました。

そのころから真空管がトランジスタに置き換わり、小さくて高性能のトランジスタラジオが現れ始めました。このようなことに何か明るく胸がわくわくするような未来を感じました。正に電子工学の幕開けで、新しい科学技術の時代が近づいているのを肌で感じていました。

こんな状況で、大学では是非電子工学を勉強したいと考えて、周りにそのような話をしたところ、それなら東北大学に行くべきだと教えられました。かくして遠い仙台の地に来て電子工学の道に進むことになりました。工学部に入って電子工学科に進むと、予想と大きく違っていました。希望していたのは電子回路や通信のような分野だったのですが、電子工学科では電子の軌道やエネルギー準位、バンド理論などの量子力学や固体電子工学の授業が多く、あまり興味がもてなくてあてが外れました。しかし、中途半端の理解のままにしておくのはすっきりしなかったのもう少しこの分野の勉強をしておきたいと思って和田正信先生の固体電子工学講座を希望して入りました。1年間半導体の勉強や研究をして基本的知識や理論を理解したところで、1970年に大学院に進学しました。この時、4人の同級生に教授から半導体を中心とした4つのテーマが提示され、その中に液晶が入っていました。互いにどれを選ぶか話し合いがまとまらず、あみだくじで決めることになりましたが、私はこれに外

[†] 東北大学 名誉教授/独立行政法人国立高等専門学校機構 顧問
"Message Based on the Experience of Research and Development on Liquid Crystal Display" by Tatsuo Uchida (Professor Emeritus, Tohoku University, Sendai/Adviser, National Institute of Technology, Tokyo)

うちだ たつお
内田 龍男 1970年、東北大学工学部電子工学科卒業。1975年、同大学大学院工学研究科電子工学専攻博士課程修了。同年、同大学工学部電子工学科助手、1982年、同大学助教授を経て、1989年、同大学教授。2006年～2009年、同大学工学研究科長・工学部長。2010年、仙台高等専門学校校長。2013年、国立高等専門学校機構理事併任。2016年、退職となり、現在に至る。液晶を中心とした電子ディスプレイの研究に従事。当学会評議員、副会長、会長を歴任。当学会丹羽高柳賞功績賞、放送文化賞、高柳健次郎賞、内閣府産官学連携功労者表彰、井上春成賞等受賞。名誉会員。

れて液晶を研究することになりました。教授に申し出て半導体のテーマに変えることも考えましたが、まだ研究の何たるかもわかっていない段階で選り好みするより、まずは与えられた環境の中で精一杯学ぶのも1つの道だと考えることにしました。

2. エレクトロニクスの時代背景

ここで、そのころの電子工学の世界の動向に触れておきたいと思います。この時から40年ほどさかのぼった1930年代、米国では電話が急速に普及し、電子式の交換機と長距離用の信号増幅器とを開発する必要に迫られていました。当時は、電子式スイッチ素子や増幅器といえば真空管でしたが、膨大な数の真空管を使うため、大きさやフィラメントを使うことによる消費電力、安定性、故障率などが大きな問題となっていました。この解決を図ったのが、良く知られているようにベル研究所の研究者達でした。1936年に研究部長になったケリー (M.J. Kelly) は、固体内で真空管のような増幅機能を行わせることができるはずだと考えて、固体物理学者のショックレー (W. Shockley) を勧誘し、彼を中心とした研究グループを発足させ、地道な基礎研究からスタートしています。第2次大戦中は軍の研究に駆り出されて中断しますが、1945年に副所長として復帰して研究グループを再編し、ショックレーのもとに実験物理学者のブラッテン (W.Y.H. Brattain) と量子力学の専門家バーディーン (J. Bardeen) を加えて固体物理研究を再開させました。そして1948年、ついにショックレーらによってトランジスタの発明が成し遂げられます (実際の接合型トランジスタの実現は1951年)。これがその後のエレクトロニクスの一大進化と発展につながり、世界を変えていくことを思うと正に感慨無量です。

このトランジスタにいち早く目をつけ、日本では東京通信工業 (現 ソニー) がトランジスタとそれを使った小型ラジオの研究開発を手掛け、1955年に製造に成功して販売を開始しました。次いで多くの日本企業が参入し、世界を席卷していきました。この時期が前述のような私の少年期でした。

トランジスタ技術はその後も著しい進化を遂げ、超微細化する技術や、一度に大量に作り込み、複雑な回路を一挙に形成する集積回路 (IC) 技術などが開発されていきます。これを応用して米国ではコンピュータの開発に注力し、日本では家電を中心として特に電子式卓上計算機 (電卓) の開発に主力が向けられました。1964年に早川電機工業 (現 シャープ) がオールトランジスタの電卓を開発し、その後多くの日本企業が小型化に成功しています。

そのころから、計算結果の数字を表示するディスプレイが問題になりました。当時のディスプレイは大きくて重いブラウン管 (CRT) が主流でしたが、数字表示器には大きすぎるために小型ディスプレイの研究が行われ、たくさんの方式が考案されました。電卓が開発された当初は橙色に光るニキシー管が使われましたが (1962年～)、電圧が高く消費電力が大きいという問題がありました。これに対して伊勢電子工業が蛍光表示管を開発し (1967年)、電圧や電力を数分の一にするとともに見やすさを大きく改善して広く使われるようになりました。これと相前後して数字表示用のプラズマディスプレイや赤色LEDなどが次々と開発されています。そして1968年に米国RCA社のハイルマイヤー (G.H. Heilmeyer) によって液晶ディスプレイが発表されました¹⁾。薄くて軽く、非常に低い電圧と電流で動かすことができる画期的なもので、世界の研究者の注目を集めることになりました。この液晶自体はそれより80年前の1888年にライニツァー (F. Reinitzer) によって発見され、その後基礎物理や一部の電気・磁気光学効果などが解明されていましたが、ハイルマイヤーによってネマティック液晶のDynamic Scattering Mode (DSM) が見出され、初めて液晶ディスプレイ (LCD) の可能性が示されたのです。一方、実用化には課題もたくさんあってRCAが躊躇していた時に、シャープがいち早くRCAの了解を得てまず電卓用の数字表示機を目指して研究開発に着手し、問題を1つ1つ解決していききました。

3. 液晶研究のスタート

私が液晶の研究を始めたのは丁度このような時期でした。前述のような経緯で、液晶の研究を始め、大変な選択をしてしまったことが徐々にわかってきました。研究室の中のどこを見ても、実験材料はない、文献はない、聞く相手もほとんどいない。何よりも、まず、実験をするための液晶材料が簡単には手に入りません。自分で合成するしかないと考えて、電気屋の苦手な化学合成の基礎から勉強することにして、毎日、理学部の化学の図書館に通いました。約半年後に文献の調べ方、合成実験、化学の基本などを理解して、いよいよ液晶の合成に取りかかることにしました。当時の液晶は、100℃くらいまで温度を上げないと液晶状態にならないものがほとんどでしたが、実用性を考慮して、どうせ合成するなら室温液晶にしようと考えました。文献を調べたところ、丁度その前年の1969年に、MBBA (p-Methoxybenzylidene-p'-n-butylaniline) という室温液晶²⁾が発表されたことがわかったのでこれに決めました。しかし、これが大変な苦勞を伴うことになりました。前段階の化合物がどうしても手に入らず、この合成から始めることにしましたが、これにはフリーデルクラフツ反応という高温高压を要する厄介な方法を用いる必要がありました。周りから、危険だから研究室では実験しないで欲しいと言われて困った末に、恐る恐る東北大の電気通信研究所に行ってお願ひしたところ、すぐに離れの地下室を貸して下さいました。何とか合成を成し遂げて、早速液晶セルを作って電圧を印加してみましたが、何の変化も起こりません。調べてみると不純物のために抵抗が著しく低下し、液晶に電圧がかからないことがわかりました。そこで不純物を取り除くために面識もない非水溶液化学研究所の教授をお訪ねしてアドバイスを求めましたが、有機物でそのような超高純度化はとうてい無理だということを丁寧に説明頂きました。化学の限界に立ち向かっていることを感じ、挑戦する価値があると確信するとともに、自分で道を切り開かなければどこからも助けは得られないと悟って、考えられることはすべて試してみました。数カ月かかりましたが、最終的には狙った高純度化を達成するとともにそれを保持する方法を確立することができました。思えば、今日のファインケミカル(精密化学)の先駆けを行っていたことになります。

4. 液晶の分子配向の研究

ようやく液晶材料ができあがり、いよいよ本格的な研究に入る段になって、何が現状の課題かなどの情報がまったくなかったのが、研究テーマの設定に困りました。論文を読んでもうまくいったことしか書いてないので、とにかく論文に書いてあることはすべて徹底的に追試実験してみることにしました。こうしてわかったことは、論文に書いてあることは結構間違いが多いということです。本当の意味では間違いとは言えないかも知れませんが、厳密には普遍性がなかったり、実験条件が明確にされていないことが多いのです。これは、専門家どうしでは常識として明記されていない場合もあるし、自分で特定の条件設定をしているにもかかわらず、それを意識していない場合も少なくありません。このため、追試実験で論文とは異なる結果が出ることがかなりあったのです。しかし、ここにこそ重要な新しいテーマが潜んでいることを学びました。

このようにして追試実験を重ねていたある時、昨日までとまったく違う結果が出てきました。調べてみると、どうも液晶分子の並び方が違っていることがわかってきました。それまでガラス基板の表面に平行に並んでいたものが、垂直に変わっていたために、電氣的、光学的特性がまったく変化してしまったのです。ハイルマイヤーの論文をはじめとして、それまで液晶分子を一方向に並べて液晶ディスプレイを構成するという概念はなかったのですが、光学特性を精密に制御するためにはどうしても一様で安定な配向が必要であると確信しました。そこで、液晶分子はなぜ表面に平行あるいは垂

直に並ぶのか、どうしたらコントロールできるか、などについて徹底的に研究してみることにしました。調べていくうちに液晶 (MBBA) が空気に触れている時間が長いほど、垂直に並びやすくなることがわかりました。そしてこの原因として、液晶が空気中の水分を吸って分解し、これによってできた不純物がガラス表面に垂直に吸着され、それが液晶を垂直に並べていることをつきとめました³⁾。

しかし、そうこうしているうちに、液晶分子のこのような配向に関して、米国ベル研究所のメッツ (A.R. Kmetz) らから、私とまったく違う説の論文が発表されました⁴⁾。液晶の並び方は液晶とセル基板の表面エネルギーによって決まるというものです。さらにその後、ポルテ (G. Porte) によって、これを裏付ける明快な理論が発表され⁵⁾、世界的通説となっていきました。この理論は完璧といえるようなもので、がっかりして全身の力が抜けました。

ところが、しばらくして何かおかしいと感じ始めました。大学院を修了して助手になったころです。私の説は確かな実験的裏付けもあったので、どちらかが間違っているか、あるいは両方が正しいとすればこれらを含む上位概念があるはずだと考えて、大学院生達と一緒にこのことを徹底的に調べてみることにしました。その結果、メッツらの理論ではどうしても説明できない実験データがいくつも出てきました。同時に、ポルテの論文を何度も読み返して、ついに疑わしい点を1ヵ所だけ見つけました。早速実験してみると、やはり普遍的ではないことが確認されて、理論が根底から崩れることがわかりました⁶⁾。

最終的には、メッツらが低エネルギー表面として実験に使ったもの⁷⁾は、ちょうど不純物が付いた私たちの実験と同じような状態になっていることがわかってきました。つまり、表面エネルギーが直接の原因ではなくて、低エネルギー表面を作るために基板表面に付けた化合物の炭化水素鎖が表面に垂直に出ていたためでした。このこともあってメッツ氏とも親しくなり、以来長い付き合いをさせていただくことになりました。

その後も学生達とともに液晶分子配向の研究を続け、基板表面に吸着した微量の不純物の影響^{8) 9)}や基板表面のミクロな構造と液晶の配向の解析から、基板表面と液晶との分子間相互作用が液晶の配向の支配的な要因であることを明らかにすることができました^{10) 11)}。また、基板表面の配向処理が表面付近の液晶の配向秩序度に重要な影響を及ぼすこと、それによって液晶の表面配向力の強さ (アンカリング強度) が支配されることなどが解明されていきました¹²⁾。これらの成果は、その後のLCDの製造の過程で、再現性や精度の高い生産技術の確立に貢献することができました。

5. LCDの幕開けと応用製品

1946年にトランジスタを使った電卓がシャープによって初めて実現されたことは先に触れましたが、その後、IC回路の進化によってさらに小型化が進み、1972年にはカシオ計算機が緑色の数字表示器 (蛍光表示管) を用いたポケットサイズのカシオミニを量産して一大ヒットとなりました。それまでの手回しによる機械式計算機の時代が終焉して、エレクトロニクスの力に驚嘆したものです。しかし、使っていた4本の単3乾電池の消耗が激しくて、すぐに電池の山ができるような状態でした。そしてその翌年の1973年、シャープがCMOS-IC (Complementary Metal Oxide Semiconductor IC) とLCDを用いた画期的な超低電力の薄型電卓を開発・量産しました。消費電力が0.02 Wとカシオミニの約1/40、単3電池1本で100時間使えるというもので、世界を驚愕させました。これを機に、電卓用ディスプレイのほとんどが液晶に置き換わっていき、他の日本企業も液晶電卓に参画して世界を席巻していきました。

上記のCMOS半導体は低電圧、定電流、高速動作の点で優れており、LCDと極めて相性が良く、正に半導体と液晶のコラボレーションによる新商品が1970年代から1985年にかけて次々と世に現れ

ることになります。まずLCDで数字が表示できると、次は1行のローマ字が表示できるようになって、英文電子タイプライターが開発されました。印字前に確認ができる画期的なものでした。それからさらに進んで、数行の文章が表示される和文のワープロが開発され、煩わしい和文タイプの苦勞から解放されました。そしてさらに進んで、ラップトップコンピュータ（膝の上で使うという意味）が開発され始めました。最初は走査線数60本程度のLCDでしたが、これを500本程度まで増やすことが当時の液晶研究の最大の課題となりました。

6. LCDの限界と人生の壁

しかし残念ながら、当時の単純マトリクス駆動方式では、走査線数が増えていくとどんどんコントラストが低くなるというジレンマは避けようのない問題でした。研究開発の分野ではこのことが比較的早い時期から議論され、これが液晶の限界だ、液晶もこれまでだということがささやかれ始めました。その頃、個人的にも人生の壁にぶつかることになりました。液晶研究の障壁に加えて、後ろ盾となって下さっていた和田教授が癌で急逝されたのです。大学の研究室は、教授がいなくなると、閉鎖されて新しい分野の教授を迎え入れる準備に入ります。このため、30人以上の大所帯の研究室でしたが、1、2年で人がほとんどいなくなっていくます。

自分はこの研究を続けていくべきかどうかを随分悩んでいたのに輪をかけて、周りから有機物や液体は電子材料に使えないから液晶の研究は早くやめた方が良いでしょうと言われました。まだ、一介の助手の立場で、正式な講座にも所属しない不安定な立場でしたから、これはかなり身に応えました。この機会に何か別の新しいことを研究することも考えて、いろいろな分野の先端研究を勉強してみましたが将来の核となるようなテーマは見つけられず悶々と悩んでいました。そして最終的に、長年液晶を研究してきた自分に、液晶の活性化を図る義務があることに思い至り、液晶の研究に踏みとどまってその復活にかけることを決心しました。

しかしどういう研究をしたら良いかが次の課題でした。基礎研究は一方で進めるものの、そればかりでは社会の最前線と隔離して工学部としての研究意義が失われるように感じました。かといって、マンパワーも資金力もある会社の研究所と同じことをしても勝負になりません。そこで、例え不可能と思われても、10年先に世の中で最も重要となるようなテーマを考えることにしました。そしてまた、LCDが、将来、本命のディスプレイになるためにはどうしてもカラー化を達成しなければならないとの考えから、これをテーマとして挑戦することにしました。

7. LCDのカラー化

それ以前から、複屈折による干渉色などを用いたカラーLCDの研究は少なからずありましたが、いずれも実用になるとは思えなかったため、模索を続けて最終的に混色方式に行き着きました。これは基本となる3つの色（三原色）を適当な割合で混ぜるとどんな色も出せるというものです。それには減法混色型と加法混色型の2つがあり、前者は絵の具を混ぜるとき、後者は光を混ぜるときの方式です。

液晶は発光しないので、絵の具と同じ減法混色になると考えて、液晶に2色性色素を加えて着色させるゲスト・ホスト方式（GH方式）¹³⁾を使うことにしました。これはハイルマイヤーがDSM方式の前に研究していたものですが、カラーコントラストが不十分で実用には遠い状態でした。私達はこの方式をかなり前から研究していて、液晶の配向制御と優れた2色性色素を開発し^{14) 15)}、単色ですが自動車のスピードメータや事務機などのディスプレイとして実用化していました。

このGH方式でシアン、マゼンタ、イエローの三原色の液晶パネルを作り、これを積層することによってきれいなカラー表示を実現することは比較的容易にできました¹⁶⁾。しかし間にガラス板が入る

ために、斜めから見ると視差によって画像の端でわずかに色ずれが起きて、この問題をどうしても解決できませんでした。

そんなある時、液晶に加えた色素が析出して色が消えていました。当然のことですが、しかしよく考えると、入っている色素の量は変わっていないのに色が消えるのは不思議でした。答えは、析出してたくさんの小さな粒となった着色部分と、色素のない無色の部分とで加法混色が起こっていたためです。減法混色型を目指していたのに、加法混色が起こっていたことから、加法混色方式を用いた新たなカラーLCDを着想することができました。具体的には、液晶セル内の画素電極に赤、緑、青の微細なカラーフィルタを付けるという簡単なものです。しかし、ここにまた新たな問題が生じました。当時の色素型や干渉型のカラーフィルタは厚さが数十～数百 μm もあり、5 μm 程度の厚さの液晶セル内に作り込むことができなかったのです。検討を重ねた結果、色素型カラーフィルタを印刷した後、焼成によってバインダー樹脂を昇華させて色素だけを残す方法を学生の一人が見つけてくれました¹⁷⁾。この上に配向膜を兼ねた保護膜を付けることによって1 μm 以下の薄いカラーフィルタを実現し、世界初のフルカラーLCDの試作とカラー表示に成功しました。続いて、大日本スクリーンと共同してフォトリソグラフィと染色法を用いた新しいカラーフィルタの作成法を開発し、本格的な実用化の目処を立てることができました。これらの結果を1981年から1983年にかけて国内外の学会で発表しましたが^{17)～19)}、結果は惨憺(さんたん)たるもので、権威のある人々から厳しい批判を受けました。その1つは発光しないもので鮮やかな色を出せるはずがないということ。もう1つは、カラーフィルタを付けることで透過率が著しく低くなるためにバックライトが必要となり、その電力が液晶で使う電力の約1万倍にもなって、液晶の超低電力の特長が失われてしまうということです。

1番目の、鮮やかな色が出せないというのはスペクトルの問題ですから、これを改善する方法はいろいろあるはずだと考えていましたが、2番目のバックライトについては答えがありませんでした。しかし、その後LCD関係の会社の多くがこの方式を取り上げて下さり、Supertwisted Nematic(STN)方式やThin-film Transistor (TFT) によるアクティブマトリクス駆動と組合せたカラーLCDおよびそれを用いたポケットテレビが次々と開発されました。その後さらに、多くの研究者の方々の努力によってノートパソコンや現在的大型液晶テレビなどが実現されていきました。

8. その後の研究 (LCDの低電力化)

8.1 フィールドシーケンシャル方式

カラー液晶が実現された後も、私の中では「超低電力の特長が失われた」という当時の批判はもっともと考えて頭から離れず、解決法を模索し続けました。

その1つは、問題のカラーフィルタを取り除く試みです。白黒のLCDと赤、緑、青のバックライトを用意して、順次高速に点灯を繰り返し、それに合わせて各色ごとの画像をLCDに表示させて高速に切替えていくフィールドシーケンシャル方式です²⁰⁾。これには、高速に応答する液晶が必要で、ちょうど私達が研究していたOptically Compensated Bend方式(OCB方式)のLCD^{21)～23)}がこれに適していました。JSTの地域結集型プロジェクトとして青森県の研究機関とともにこの研究を実施し、15型の低電力、高品位LCDの開発を成功させることができました²⁵⁾。残念ながらまだ実用化には至っていませんが、低電力、高精細、高速応答、広視野角の特長は次世代のLCDとして期待しています。

8.2 超低電力反射型カラーLCD

更なる低電力化の方式として、バックライトを取り除いた反射型の超低電力カラーLCDの考案と実現も試みました²⁵⁾。反射型カラーLCDの理論上の反射率は一般に5～10%程度でほとんど真っ黒で

す。この問題を解決するために、反射光の拡散角を $\pm 30^\circ$ 程度の範囲で一様の明るさにすることを考えました。理論計算により、反射板表面を微小な放物面形状で埋め尽くす方式を考案して試作した結果、5～10倍の明るさと白い紙の質感が得られることを確認しました²⁶⁾。このLCDについてはシャープと共同研究を行い、その後、電子手帳(PDA)や携帯用ゲーム機等として実用化されました。さらに他社とも共同して当時白黒表示だった携帯電話のカラー化を進めることができました。残念ながら、その後、携帯電話はバックライト付の半透過型や透過型になってしまいました。

なお、このようにしてできた中小型のLCDは付加価値が高く、順調に事業が立ち上がって、採算性の厳しい大型LCDの事業を支えたという話を聞いています。また、この中小型LCDは、現在はスマートフォン用の高性能ディスプレイなどに発展しています。

9. その後のLCDと他のディスプレイ

LCDが進化していく過程で、特に大型ディスプレイをターゲットとしてPlasma Display Panel (PDP)やField Emission Display (FED)をはじめとしていくつかの方式が登場してきました。特にPDPは広い視野角、早い応答、暗所での高いコントラスト、大型化が容易などの特長があり、大型テレビに優位でした。しかし明るい部屋で見るとコントラストが低下すること、パソコン用など中型以下のサイズのディスプレイでは高精細化が困難であること、高電圧の駆動用ICを必要とすることなどの弱点がありました。

LCDはこれと対抗するために大型化とテレビ仕様に耐える高品位化が強力に進められていきました。まず、光を正面方向に集めるプリズムシート、偏光子で失われる偏光成分を反射させて再利用するDBEFフィルム(3M社の商標)、LEDを使ったバックライトを数十ブロックに分割して、画像に合わせて各ブロックの明暗を制御するローカルディミングなどが開発され、明るさやダイナミックコントラストを大幅に向上させるとともに、液晶の電力を60%以上も削減しています。また、3次元方向の屈折率を最適制御した光学補償フィルム、外光反射を抑える反射防止フィルム、液晶の動画表示特性を向上させるためのオーバドライブや倍速あるいは4倍速駆動などによって、視野角、コントラスト、動画鮮明度などが大幅に改善されました。これによって、小型から大型まで広く使われるようになって生産量が大きく拡大し、コスト面でも有利になり、PDPは次第に駆逐されていきました。

これに対して、最近、有機ELが注目されています。有機ELは発光強度を制御するだけですから、LCDのような多くの光学材料はほとんど不要で、うまく実用化されれば大幅なコストダウンの可能性がありますが、しかし、まだ現状では、発光材料の寿命、3色の寿命の差による表示色のシフト、静止画表示が続くことによる残像現象、3色の発光層の微細化製造方法、等々問題点は山積みされています。さらに、その障壁を越した後も、高性能化、低価格化されたLCDと競合して将来に向けたスタートが切れるか否かの問題があります。

このような状況で一時間関心が低下しましたが、最近iPhoneに載せられる可能性がアナウンスされて急激に関心が集まっています。これを機に、上記の問題が克服されれば、大きく成長する可能性があります。現状ではまだ不明です。

10. むすび

以上、半導体と液晶を中心としたディスプレイの進化とそれに関連した自分の研究の苦労や悩みを書きましたが、大変革の時代とともに歩むことができたことは大変幸運でした。多くの方々の大変な苦労と努力の中で、自分の貢献はほんの一部であったと思いますが、これに係ることができたことは研究者冥利に尽きます。

この中で、時代を大きく変えたケリーやショックレー、ハイルマイヤーらのように、ほとんど白紙の中から未来を形作るような仕事をされた偉大な方々には深く頭が下がる思いです。しかし、これを現実のデバイスにして実際に世の中で使われるものにしていくのに、たくさんの人達の工夫や努力があって可能となったことも確かです。

このようなことを考えると、自分がどのような生き方をすべきかの手掛かりが見えてくるように思います。自分の思いや夢を目指して全力を尽くし、時には現状や常識も覆していくような生き方が1つで、これが成し遂げられたら素晴らしいと思います。一方、与えられた環境の中で最大限の努力を続けて道を切り拓いていく生き方も1つです。精一杯努力すれば必ず何らかの道は開けていくと思います。ただし、目標通りにならないこともしばしばです。というよりも期待とは逆方向に進んでいくことの方が多いように思います。こんな時、改めて一步下がって考えると最初の目標とは異なる方向に道が開けているのが見えてきて、その方向で努力していると最初よりも大きく重要な所に行き着くことが少なくありません。

どのような生き方をすべきかは、それぞれの適性、環境、タイミングなどによって異なるので、正にケースバイケースだと思います。読者の方々はそれぞれさまざまな立場におられると思いますが、自分の立ち位置の中で、目標を定めて精一杯努力することがまずは重要だと思います。それが大きな成果につながることもあれば、そうでないこともあります。しかし、小さな成果でも、それが重要な礎となり、それらの蓄積をもとに、将来ショックレーやハイルマイヤーのような人物が現れて偉業を成し遂げる可能性も大いにあります。礎の仕事はなかなか他人には理解されないことは多いのですが、本当の価値を知っているのは自分自身ですので、それを胸に抱いて、誇りをもって仕事を進めることも大事だと思います。

若い方々には、臆せずに困難に立ち向かい、自信と誇りと情熱をもって前に進んで頂きたいと思います。その努力には必ず天が応えてくれると思います。

(2017年1月11日受付)

〔文 献〕

- 1) G.H. Heilmeyer, L.A. Zanoni and L.A. Borton: Proc. IEEE, 56, p.1162 (1968)
- 2) H. Kelker and B. Scheurle: Angew. Chem. Intern. Ed. Engl., 8, p.884 (1969)
- 3) T. Uchida, H. Watanabe and M. Wada: Japan.J. Appl. Phys., 11, p.1559 (1972)
- 4) L.T. Creagh and A.R. Kmetz: Mol. Cryst. Liq. Cryst., 24, p.59 (1973)
- 5) G. Porte: J. de Physique, 37, p.1245 (1976)
- 6) T. Uchida, K. Ishikawa and M. Wada: Mol. Cryst. Liq. Cryst., 60, p.37 (1980)
- 7) L.T. Creagh and A.R. Kmetz: 4th Int'l Liquid Crystal Conf., Kent, Ohio (1972)
- 8) M. Ohgawara, T. Uchida and M. Wada: Mol. Cryst. Liq. Cryst., 74, p.227 (1981)
- 9) T. Uchida, M. Ohgawara and Y. Shibata: Mol. Cryst. Liq. Cryst., 98, p.149 (1983)
- 10) E.S. Lee, P. Vetter, T. Miyashita, T. Uchida, M. Kano, M. Abe and K. Sugawara: Japan.J. Appl. Phys., 32, p.L1436 (1993)
- 11) E.S. Lee, P. Vetter, T. Miyashita and T. Uchida: Japan.J. Appl. Phys., 32, p.L1339 (1993)
- 12) L. Xuan, T. Tohyama, T. Miyashita and T. Uchida: J. Appl. Phys. 96, p.1953 (2004)
- 13) G.H. Heilmeyer and L.A. Zanoni: Appl. Phys. Lett., 13, p.91 (1968)
- 14) T. Uchida, C. Shishido, H. Seki and M. Wada: Mol. Cryst. Liq. Cryst., 39, p.39 (1977)
- 15) T. Uchida and M. Wada: Mol. Cryst. Liq. Cryst., 63, p.19 (1981)
- 16) T. Uchida, H. Seki, C. Shishido and M. Wada: Proc. SID, 22, p.41 (1981)
- 17) 内田, 大久保, 応物連合講演会, 30a-Y-10 (1981)
- 18) T. Uchida: Proc. European Display Res. Conf., p.39 (1981)
- 19) T. Uchida, S. Yamamoto and Y. Shibata: IEEE Trans. ED-30, p.503 (1983)
- 20) T. Uchida, K. Saitoh, T. Miyashita and M. Suzuki: Conf. Record of the International Display Research Conf., p.37 (1997)
- 21) Y. Yamaguchi, T. Miyashita and T. Uchida: SID Symp. Digest, p.277 (1993)
- 22) C.-L. Kuo, T. Miyashita, M. Suzuki and T. Uchida: Appl. Phys. Lett., 68, p.1461 (1996)
- 23) T. Miyashita and T. Uchida: IEICE Trans. Electronics, E79E-C, p.1076 (1996)
- 24) T. Ishinabe, K. Wako, K. Sekiya, T. Kishimoto, T. Miyashita and T. Uchida: J. SID, 16, Issue 2, p.251 (2008)
- 25) T. Uchida, T. Katagishi, M. Onodera and Y. Shibata: Trans. IEEE, ED-33, p.1207 (1986)
- 26) N. Sugiura and T. Uchida: Digest of AM-LCD, p.92 (1994)