ELディスプレイの最近の進歩

村 瀬 啓[†]

マン-マシンインタフェースにおいてニーズが高まっている平面表示素子の中で、薄形、発光形、高速応答性、マトリックス表示、カラー表示の可能性等の多くの特長を有する EL ディスプレイについて、高輝度、長寿命、低電圧駆動化等、急速に進展している最近の研究開発動向を 4 種の EL 素子タイプに分けて紹介し、それぞれ今後の適用分野と問題点について述べる。

1. ま え が き

エレクトロニクス化の著しい自動車等のパネルメーター、多様化するコンピューター周辺機器、コンピューター応用機器、データ通信やリモートセンシング等における遠隔情報出力端末などのマン-マシンインタフェースにおいて、低消費電力で空間占有容積が少ないといった CRT にない特長を有する平面表示素子のニーズが高まっている。事実、腕時計、電卓を契機として、非発光形表示では液晶の利用がかなり急速に進み始めている。

発光形の平面素子の利用は液晶に比較して思ったほど進展はしていない。むしろ最近では液晶に押され気味ですらある。エレクトロルミネッセンス(EL)は現象発見に関して液晶より約 50 年後輩である。これに応用した表示は発光形平面表示の中でも、LED、プラズマディスプレイ、蛍光表示管などに比べて完成度が今一步遅れていた。しかし、この 2~3 年間は蛍光体(層)をはじめとする構成材料の基本検討が終りに近づき、実用化に向けた経済性・信頼性の高いパネル製造法と駆動回路構成法の検討が真剣に進められている。

したがって、EL ディスプレイは今後駆動回路を含めた全固体素子、高速応答性、カラー化・中間調表示の可能性等、多くの特長を持つ表示素子として、広範囲かつ多様な応用が期待できる状況となっている。

表 1 には過去 3 回の Society for Information Display (SID) のシンポジウムにおける主な平面表示素子

の発表件数を示す。これからも EL への関心が液晶に次いで高いことがうかがわれる。

EL ディスプレイは素子構成から、蛍光体粉末を用いた分散形 EL と、薄膜蛍光体層を用いた薄膜 EL に分類され、それぞれがまた駆動法から交流駆動(AC)形と直流駆動(DC)形の都合 4 タイプに分類される¹⁾。ディスプレイとしての紹介は過去に多くあるが^{2)~5)}、以下ではごく最近実用化を目指した動きが急激に活発化して来た状況を中心に EL 表示素子技術の動向を紹介したい。

2. 分散形 ACEL

分散形 EL 素子は作製法が簡単で、表示面の大面積化が容易、形状の自由度が大きい等の特色があるが、従来から低輝度と輝度劣化の問題があった。すなわち Lehmann による (Zn, Cd)S:Cu, Br 蛍光体による寿命 1 万時間以上を達成した報告が有名である⁶⁾が、その後実用的な素子が出現していない状況等より、長

表 1 主な平面表示素子の発表状況

表 示 素 子			発 表 件 数		
			SID'80	SID'81	SID'82
発 光 形	E L	分 散 形	1	1	2
		薄 膜	7	6	11
	プ ラ ズ マ デ ィ ス プ レ イ	A C 駆 動 形	6	4	4
		D C 駆 動 形	2	1	2
	蛍 光 表 示 管		1	1	4
	L E D		0	1	0
受 光 形	平 面 形 C R T		0	1	3
	液 晶	素 子 ・ 材 料	5	7	13
		マ ト リ ッ ク ス 駆 動 法	3	5	11
	エレクトロクロミック (ECD)		3	3	3

[†] 日本電信電話公社茨城電気通信研究所

"Recent Progress in the Art of Electroluminescent Displays" by Kei Murase (Ibaraki Electrical Communication Lab., Nippon Telegraph and Telephone Public Corporation, Ibaraki)

寿命蛍光体を再現性良く得ることは疑問視されていた⁷⁾。

しかし最近、低周波駆動の場合は、輝度半減寿命が1万時間以上という有機バインダー分散形 EL が発表されるようになった⁸⁾。ただし、表示素子としての輝度は必ずしも充分ではなく、液晶表示のバックライト、自動車・航空機等の計器照明、夜光浮きなどとしての用途が示されている。なお同様な性能と思われる有機分散形 EL の市販化の動きが注目されているが⁹⁾、材料構成上の詳細は明らかではない。

有機分散形 EL の利点は軽量で可撓性があることその他に、従来のホーロー形と称された低融点ガラスバインダー($\epsilon \approx 2 \sim 3$)に対して、有機バインダーとして表2に示すような高誘電率($\epsilon \approx 8 \sim 15$)の高分子材料が選定できるため、蛍光体に加わる電界強度を大きくして高輝度化できることにある¹⁰⁾¹¹⁾。最近では一応の実用的表示レベルと考えられる100~200 nt (=cd/m²)の初期輝度(5 kHz, 100 Vrms)で、寿命数千時間の緑色発光パネルが得られる状況になりつつある。

分散形 ACEL の輝度、寿命に及ぼす蛍光体因子としては、従来から①ドーパント(活性剤, 補助活性剤)含量, ②粒径, ③結晶構造, ④S-空孔(vacancy), ⑤結晶品質等がいわれているが、従来1つの因子のみに注目して、他の因子の変化を見落している傾向があった¹²⁾。

筆者らのグループでは ZnS:Cu, Br 蛍光体の詳細な検討により、Cu, Br の含有量は等モル近傍が望ましく、輝度に関し0.2 mol %に最適領域があり、寿命に関しては高含有量ほど望ましいことを明らかにした¹³⁾。そして、Cu $\approx$ Br $\approx$ 0.2 mol %含有の ZnS 蛍光体をエッチング処理して用いた分散形 EL 素子で、最高輝度900 nt, 初期輝度100 ntの半減時間600時間(10 kHz)という良好な特性が得られることを示した¹²⁾。一例として、同一ロットの蛍光体を分級した場合は、従来知られているように大粒径ほど長寿命であるが、エッチングした場合は、小粒径ほど長寿命という興味ある結果を図1に示す。

表2 有機バインダー材料

材 料 名	誘電率(1kHz)	融点等
ポリフッ化ビニリデン	8	160~180℃
フッ素ゴム(フッ化ビニリデン系3元共重合体)	13.8	熱分解 (約250℃)
フッ化ビニリデン-トリフッ化エチレン共重合体	15	155℃
シアノエチルセルロース	~15	—

図1 寿命の粒径依存性¹¹⁾

また一方、輝度劣化は熱処理によって回復する現象のあることが見出された¹⁴⁾。回復度は Robert の劣化式¹⁵⁾,

$$\frac{B_0}{B} = 1 + \frac{t}{t_c}$$

(B_0 は初期輝度, B は t 時間後の輝度, t_c は寿命)と同様の形で表され、その活性化エネルギーは輝度劣化の場合と同じく0.3 eVであることから、CuのZnS中での拡散やS-空孔トラップが関与していることが考えられる。このことは逆に高輝度・長寿命化の手がかりを暗示しているといえよう。

3. 分散形 DCEL

分散形 DCEL の特長は駆動電圧が低く、駆動回路が簡単になることであるが、表示パネル作製工程において、フォーミングという消費電力の大きい通電処理が必要な点がこれまで大きな問題であった。

分散形 DCEL は最初 Vecht らが、Mn ドープの ZnS 蛍光体の表面を CuS で被覆したものを用いて黄色発光に成功したことから、“Vecht type”とも呼ばれる。彼らはその後も15年以上にわたって多色化などを含む執念ともいえるべき研究を続けている。

同じく英国の Alder らはフォーミング現象と劣化に関する詳細な検討を行い、3種の劣化モードのうち2つまでは回避でき、“Softning”だけが残された問題であるとしている¹⁶⁾。それでも ZnS:Mn, Cu 蛍光体を用いて10 μ s, 0.5% dutyの120 Vパルス駆動で175 nt半減寿命3000時間という実用レベルのデータを得ている(ただし、DC連続印加では短寿命である)。

Vecht は多色化の研究と並んで、最近ではフォーミング中の電力消費を低減する研究に成功してい

図2 前面中間層のある分散形 DCEL パネル⁸⁾

表3 分散形 DCEL パネルの改善処理¹⁸⁾

処 理	フォーミング 電力 (mW/cm ²)	1,000 時間後	
		効率 (%)	輝度 (fL) ^{*1}
従 来 方 法	6,000~1,000	0.05~0.2	30
ZnS 中間層 挿入	85	0.5	38
SiO ₂ 中間層 挿入	2	0.2	53
ポリマー中間層挿入	27	0.17	105
安定化 Cu による 蛍光体被覆 ^{*2}	40	0.7	50

*1 1 fL=3.426 cd/m²

*2 微量の Pb, Bi, Br または I を添加する。

る¹⁷⁾¹⁸⁾。彼の発表した素子構成を図2に示すが、前面透明電極と蛍光体層の間に絶縁体中間層をはさむことにより、表3に示すようにフォーミング電力を2桁以下に下げ、同時に輝度と効率を改善している。また10 μ s, 1% duty の120 Vパルス駆動で500 nt半減2500時間以上の長寿命である結果も示している。

これらの技術により119 $\times$ 77画素(160英数字)マトリックスパネルを作製しているが、長寿命でも駆動後の輝度変化(数百時間後に一度輝度が倍増する)があるため、多画素表示ではまだ問題があると考えられる。また消費電力が低減したとはいえ、フォーミング処理は後述するSi-MOSやTFTなどを用いたアクティブマトリックス駆動回路となじまないものがある。

しかしながら、上記のような輝度・寿命特性の分散形DCELはパネルメーター表示には最適と考えられる。カスタムIC駆動回路からの60 VDCパルスで表示できる時計、速度計、バッテリーインジケーター等を一体化した自動車パネル用ディスプレイを製作するパイロットプラントについての報告もある¹⁹⁾。このパネルの最高輝度は5800 nt、寿命は輝度140 ntで7000時間という高性能に達している。

4. 薄膜 ACEL

4.1 2重絶縁タイプ実用化の動向

薄膜ELが高輝度、長寿命で実用性が高いことは、

表4 実用化された薄膜 ACEL ディスプレイの例²³⁾

	グラフィック用	メッセージ用
ユニットサイズ (mm ²)	196 $\times$ 166 $\times$ 39	258 $\times$ 122 $\times$ 39
実効表示面積 (mm ²)	120 $\times$ 90	179.2 $\times$ 44.8
画 素 数	240 $\times$ 320	128 $\times$ 512
画 素 ビ ッ チ (mm)	0.375	0.35
フ レーム 速 度 (Hz)	60	70
輝 度 (fL)	25 (typ.)	30 (typ.)
消 費 電 力 (W)	7.5~14.5	5~8.5

図3 実用化された薄膜 ACEL ディスプレイの輝度の経時特性²³⁾

1974年に猪口らによる2重絶縁薄膜ACELで初めて示された²⁰⁾。この“Sharp type”とも呼ばれる素子はその後も実用化が進められてはいるが、高性能の要因となっている2重絶縁層の存在のため駆動電圧が高い(約200 V)という難点があった。したがって、経済的で信頼性の高い駆動回路が実現されないまま最近まで実用になっていない状況にあった。

しかし、最近の高耐圧IC技術の進歩を背景に、シャープでは商品化のためのコストダウンの詰めを進めると同時に²¹⁾、高耐圧MOS素子の集積化により耐圧300~350 Vの駆動ICを完成し、2種類のドットマトリックス表示パネルを実用化した²²⁾。実用化されたパネルの仕様と寿命特性をそれぞれ表4、図3に示す²³⁾。

米国でも政府プロジェクトによる実用化を意識したとみられる研究が進められている。Millarらは薄膜ACELの輝度-電圧特性、発光効率、応答速度などを測定する装置を開発し、12種の薄膜ACELパネルの評価について報告している²⁴⁾。Tannasはマトリックスパネルについて高輝度化²⁵⁾、ならびにコパールマスクを用いた低コスト作製法²⁶⁾について発表している。

またフィンランドでは、Santolaが1980年に初めて紹介したAtomic Layer Epitaxy (ALE)技術²⁷⁾による注目すべき研究を進めている。この技術はZn(またはZnCl₂)およびS(またはH₂S)の蒸気を順に基板の上に半結合原子として交互に堆積させながらエピ成長

させるものである。

Antson は ALE により作製した 2 重絶縁 ACEL の信頼性について加湿テスト (40°C, 93%RH) や高温テスト (100°C, 125°C) を行い、とくに $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ の混合絶縁層は passivation の必要がないほど耐湿性と絶縁耐性の高いことから、1~10 万時間の要求寿命を満足できる見込みがあると報告している²⁸⁾。

4.2 低電圧駆動化の動向

2 重絶縁-高電圧駆動パネルの早期実用化の動きと並んで、IC による直接駆動をねらいとして、薄膜 EL の駆動電圧を低減しようとする研究も盛んになっている。それは前述のように EL マトリックスパネルはコストダウンを進める方向にあり、その大きなターゲットは電子回路部分になると予想されるが、駆動電圧が低ければ低いほど DMOS のような高級技術ではなく、より安い IC 技術の導入が可能になる²⁹⁾からである。

薄膜 ACEL の駆動電圧低減化方策のひとつに表 5 に示すような絶縁層の高誘電率化がある。しかしながら、発光層厚さ (d_s) と絶縁層厚さ (d_i) が等しい場合

表 5 高誘電率絶縁層を用いた薄膜 ACEL

発光層 材料	d_s (Å)	絶 縁 層		V_{th} (Vrms)	輝 度 (nt)	文 献
		材 料	d_i (Å)			
ZnS:Mn	—	Y_2O_3	—	~11	165	2,000 [1 kHz, 210V] (31)
ZnS:Mn	10,000	Sm_2O_3	8,000	~16	120	1,600 [1 kHz, 160V] (30)
ZnS:Mn	6,500	Ta_2O_5	7,000	~20	110	6,500 [5 kHz, 160V] (31)
ZnS:Mn	—	BaTiO_3	—	~55	70	2,000 [10 kHz, 160V] (32)
ZnS:Mn	2,400	TiO_2 + $\text{Ta}_2\text{Ti}_2\text{O}_3$	1,000 + 1,650	50 ~60	1,000 [1 kHz, 120V]	(33)
ZnS:Mn	4,000	PbTiO_3	10,000	~180	50	1,000 [5 kHz, 70V] (34)
ZnS:Mn	1,800	PbTiO_3	30,000	~120	30	700 [5 kHz, —] (34)

図 4 2 重絶縁薄膜 ACEL の発光閾電圧 (V_{th}) と絶縁層の誘電率の関係

図 5 MIS 構造薄膜 EL 素子の構成

の発光閾電圧 (V_{th}) と絶縁層の誘電率 (ϵ) の関係を計算すると、図 4 に示すように $\epsilon \approx 20$ 以上では V_{th} の低減効果は余りないことがわかる¹¹⁾。

したがって、単に ϵ の大きい材料を選ぶだけでなく、 $d_s + d_i$ を可能な限り小さくするようにして、低電圧印加であっても、発光層にかかる電界強度 (10^6 V/cm 程度必要) が下らないようにする必要がある。

例えば Fugate は $d_s = d_i = 1600 \text{ Å}$ として V_{th} を 100 V 以下に下げている。しかし、約 60 nt (5 kHz, 170 V) の輝度しか得られず³⁵⁾、表示用としては充分ではない。これは発光層中の蒸着初期堆積部分の結晶性が必ずしも良質でないために、薄膜化によって輝度低下として現れるためである²⁹⁾。

なお、 Ta_2O_5 および PbTiO_3 絶縁膜 EL 素子において初期エージング現象がみられないことは実用上有利であり、注目される³¹⁾³⁴⁾。

著者らのグループでは、図 5 に示すような絶縁層を背面電極と発光層の間の 1 層のみとした MIS 構造素子による低電圧駆動化の検討を行っている。絶縁層厚を発光層厚と共に薄くすることにより、 Ta_2O_5 絶縁膜で 65 V, 2500 nt, Sm_2O_3 絶縁膜で 30 V, 1000 nt の低電圧駆動 (共に 6 kHz) を実現している¹¹⁾³¹⁾³⁶⁾。

薄膜 ACEL の駆動電圧低減のさらに別の方策として、蛍光体ホスト材料として ZnS よりもバンドギャップの狭い ZnSe を用いることが考えられる。しかし、輝度が低いところで飽和する問題があった。三浦らは $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ 膜を発光層とすることにより、輝度低下させることなく、 V_{th} を 80 V まで低減している³⁷⁾。ZnSe 結晶を用いる試みは、むしろ次に述べる薄膜 DCEL でより活発になされている。

5. 薄膜 DCEL

薄膜 DCEL の研究は約 20 年前から行われているが、Mn ドープの ZnS または ZnSe を発光層とするもののみが知られている。そして分散形 DCEL のように Cu_xS を過剰に入れて導電性をもたせる必要があるが、輝度劣化が激しいという問題があった。

1978 年フランスの Abdalla らは Vecht type と同様にフォーミングを必要とするが、厚さ $20 \mu\text{m}$ の発光層

図6 フォーミングによりCuが移動してnタイプのZnS領域とフォーミング中も変化しないpタイプのCu_xS領域とのヘテロ接合構造となった薄膜DCEL素子

をZn, S, Mn, Cuをそれぞれの独立源から同時蒸着法で作製し、24Vの低電圧で約400ntという高輝度、または40V, 2μs, 0.2% dutyパルスならば約40ntの低輝度ながら2500時間以上にわたって安定発光することを発表して、再び注目を集めるようになった³⁸⁾。同年に岡元らはZnSeを抵抗層として絶縁耐压の向上を行い、In₂O₃/ZnS:Mn (3000Å)/ZnSe (4000Å)/Al というCSRM (Conductor/Semiconductor/Resistor/Metal) 構造により80VDCパルス駆動で約170ntの素子を発表した³⁹⁾。これらはいずれも当時の薄膜ACELと比較すると低電圧駆動という点で注目できる。

しかし、最近の三島らの分子線エピタキシ(MBE)法によるGaAs基板上のZnSe発光層素子では、さらに低電圧駆動を実現し(18V, 900nt)⁴⁰⁾、Mnの変調ドーピングによる発光機構の解明も行いつつある⁴¹⁾。この他、電子ビームによるSiまたはGaAs基板上でのエピ成長ZnS, ZnSe膜によるDCELの研究が盛んになるきざしが見える⁴²⁾⁴³⁾。

一方、Abdallaら⁴⁴⁾は最近フォーミングプロセスの解析を進めるとともに、ドットマトリックス化の検討をも進め、各画素を蒸着時にマスクにより分離することにより、まったくクロストークのないパネルの作製を行うまでになっている。図6に彼の解析によるフォーミング後の薄膜DCELのヘテロ接合構造を示す。

6. 今後の動向と問題点

4つのタイプのEL素子について述べたが、この中では最後の薄膜形DCELがやはり一番研究寄りで実用化に遠い位置にあるが、低電圧駆動の点で将来が期待される。他の3種はいずれも実用化が近いと考えら

れるが、それぞれに適用分野を異にするであろうことは作製法、特性上のちがいがから当然予測できる。

分散形ACELはすでに一部平面光源として実用になっているが、クロストークの問題があるので、マトリックスパネルには不向きであり、安価軽量性を生かしたセグメント表示または固定パターンの点滅といった用途に用いられると思われる。分散形DCELも同様に、フォーミング処理のため画素数の多いマトリックス表示には適さないが、低駆動電圧を生かしたパネルメーター表示には間もなく実用になると考えられる。

画素数の多い情報端末表示としてシャープタイプの実用も近いが、この場合は高耐压駆動回路のコスト高が気になるところである。やはり、今後低電圧駆動化の努力がなされSi-MOSや薄膜トランジスタ(TFT)等を用いたアクティブマトリックスと結合できれば、薄膜ACELは高輝度特性を生かしたXYマトリックスディスプレイとして広範な応用が期待できるであろう。

本稿ではこれまで触れなかったが、薄膜ACELの研究進展に伴い、XYマトリックス形EL表示パネル駆動法の研究は今後急速にその重みを増すと考えられる。これには直接駆動法とアクティブマトリックスアレイを用いた間接駆動法がある。前者にはZnS_xSe_{1-x}:Mnのような低電圧駆動パネルを想定して、200×200画素をアドレス時間10μs, 消費電力1W以下の駆動について述べたものと⁴⁵⁾、高耐压ICを用いてシャープタイプの高圧駆動のため3段階の書込みとリフレッシュを行うもの²¹⁾、などがあり、SIDシンポジウムでも報告が急増している²⁹⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾。詳細についてはその任ではないので割愛する。

また今後の問題として大きな関心が集まっているものとして、多色化がある。従来発光効率が高かったのは分散形ACELでの緑色発光、薄膜ACELでの黄橙色発光だけであった。しかし、例えば分散形ACEL用蛍光体としてはZnS:Cu, I, ZnS:Mn, Cu, Br, およびZnS(0.4)+CdS(0.6):Cu, Brなどがそれぞれ青, 黄, および赤発光することが知られている。今後これらの蛍光体の輝度, 寿命の向上検討が進められることが期待される。

一方、薄膜ACELではZnS:TbF₃による緑色発光の研究はかなり進歩がみられ、岡元らはY₂O₃の2重絶縁構造により、5kHz, 200Vrmsで約600ntの輝度を得ている。また著者らのグループではMIS構造素子により、5kHz, 73Vrmsで1400ntという高輝度を得ている。

さらにまた、この緑色 EL と従来の黄橙色 EL とは輝度の電圧依存性が異なることを利用して、これらを 2 層積層した素子による発光スペクトルの電圧変調が可能なることを示した³⁶⁾。白色発光を得るには青とオレンジの 2 色、青、緑、赤の 3 色等の積み重ね発光が考えられるが、吉田らは ZnS : DyF₃ のシャープタイプ素子により 2.5 kHz, 250 Vrms で約 50 nt の黄白色、同じく ZnS : PrF₃ 素子で約 170 nt の白色発光を得ている⁵⁰⁾。

したがって、今後も実用化に近いタイプの EL 素子から次々に、フルカラーを目指した高性能多色発光素子の研究は続くことが期待できる状況にある。

7. む す び

以上、最近シャープタイプ EL ディスプレイの市販化を前にして再び活性化しているかの感じのある EL 発光素子の開発状況を、この 2~3 年の動向を中心に説明した。今後は分散形、薄膜、AC、DC いずれのタイプにおいても、低電圧駆動化、カラー化の研究がますます盛んになると予想され、応用についても各タイプの特長を生かした多様な発展が電子化、情報化の進む社会の中で期待できる。その中でも IC 化した駆動回路と一体化した XY マトリックス形平面表示パネルの実現が最も利用価値の高いゴールであり、その日の近いことを祈って結びとしたい。

終りに、EL ディスプレイの研究実用化において常日頃御教示をいただく茨城電気通信研究所部品材料研究部 高田統括調査役に謝意を表します。

(昭和 57 年 7 月 1 日受付)

〔参 考 文 献〕

- 1) W. Lehmann: "Electroluminescent Large-area Image Display", Displays, pp. 29-38 (Apr., 1980)
- 2) 鈴木忠二: "EL ディスプレイとその開発動向", 電子材料, pp. 39-46 (Nov., 1977)
- 3) 鈴木忠二: "EL ディスプレイの開発状況とその応用展開", 電子材料, pp. 41-46 (Feb., 1980)
- 4) 鈴木, 佐々木: "EL", 信学誌, **161**, 11, pp. 1170-1174 (1978)
- 5) 小沢口治樹: "EL ディスプレイ材料", エレクトロニク・セラムクス, 1981 年夏号, pp. 57-63 (1981)
- 6) W. Lehmann: "Hyper-maintenance of Electroluminescence", J. Electrochem. Soc., **113**, 1, pp. 40-42 (1966)
- 7) W. E. Howard: "Electroluminescent Display Technologies and Their Characteristics", SID Seminar Lecture Note, 1, pp. 77-104 (Apr. 28, 1980)
- 8) 大久保, 佐藤, 田中: "NEC 高輝度有機 EL とその応用", NEC 技報, **34**, 8, pp. 71-74 (1981)
- 9) "応用分野を広げるプラスチックシート状 EL", 日経エレクトロニクス, 278, pp. 220-227 (Nov. 24, 1981)
- 10) 加藤ほか: "分散形 EL ディスプレイについて", テレビ学技報, IPD58, 1, pp. 1-6 (Apr., 1981)
- 11) 村瀬啓ほか: "分散形及び薄膜 EL 表示素子の低電圧・高輝度化", 日本学術振興会第 125 委員会研究会資料, 371, pp. 10-15 (May 22, 1981)
- 12) 平林克彦ほか: "分散形 EL 蛍光体", 信学技報, CPM 81, 4, pp. 21-28 (May 29, 1981)
- 13) Y. Itoh, et al.: "The Electroluminescent of ZnS: Cu, Br Phosphor", J. Electrochem. Soc., **129**, 4, pp. 813-815 (1982)
- 14) K. Hirabayashi and Y. Itoh: "Deteriorated A-C Powder EL Cell Brightness Recovery", J. Electrochem. Soc., **129**, 2, pp. 362-364 (1982)
- 15) S. Robert: "Aging Characteristics of Electroluminescent Phosphors", J. Appl. Phys., **28**, 2, pp. 262-265 (1957)
- 16) C. J. Alder, et al.: "An Investigation of the Electrical and Optical Properties of DC Electroluminescent ZnS: Mn, Cu-Powder Panels", IEEE Trans., **ED-28**, 6, pp. 680-688 (1981)
- 17) A. Vecht: "EL Powder Technology for the Eighties", SID 81 Digest, 12, pp. 32-33 (Apr., 1981)
- 18) A. Vecht, et al.: "Methods of Stabilizing DCEL Panels", SID 82 Digest, 13, pp. 16-17 (May, 1982)
- 19) B. Shepherd: "Electroluminescent Instrumentation", Displays, pp. 337-340 (Oct., 1981)
- 20) T. Inoguchi, et al.: "Stable High-Brightness Thin-Film Electroluminescent Panels", SID 74 Digest, 5, pp. 84-85 (1974)
- 21) 金谷, 岸下, 川口: "薄膜エレクトロルミネセント文字ディスプレイの実用化技術", 日経エレクトロニクス, 209, pp. 118-142 (Apr. 2, 1979)
- 22) 猪口敏夫: "薄膜発光素子の実用化", 第 29 回応物関係連合講演会予稿集, p. 750 (Apr., 1982)
- 23) H. Ueda, et al.: "Thin-Film Electroluminescent Display Units", SID 81 Digest, 12, pp. 28-29 (Apr., 1981)
- 24) M. R. Miller, et al.: "Characterization of Electroluminescent Display Devices", SID 82 Digest, 13, pp. 120-121 (May, 1982)
- 25) L. E. Tannas: "Thin-Film Electroluminescent Emitter", SID 81 Digest, 12, pp. 22-23 (Apr., 1981)
- 26) L. E. Tannas and D. A. Treadway: "ACTFEL Displays", SID 82 Digest, 13, pp. 122-123 (May, 1982)
- 27) T. Santola, et al.: "Atomic Layer Epitaxy for Producing EL Thin Film", SID 80 Digest, 11, pp. 108-109 (Apr., 1980)
- 28) J. Antson: "Atomic Layer EL Device; Present Status", SID 82 Digest, 13, pp. 124-125 (May, 1982)
- 29) G. C. Smith, et al.: "An EL Drive System with Low-Voltage Output Stages", SID 82 Digest, 13, pp. 262-263 (May, 1982)
- 30) 小沢口治樹ほか: "薄膜 EL 素子における絶縁層の膜質と発光特性", 第 27 回応物関係連合講演会予稿集, p. 578 (Apr., 1980)
- 31) 小沢口治樹ほか: "Ta₂O₅ 膜薄絶縁層を用いた薄膜 EL 表示素子", テレビ学技報, IPD62, 8, pp. 43-48 (Nov., 1981)
- 32) 山村, 船引, 小出: "ZnS: Mn を強誘電体で保護した交流 EL の特性", 第 39 回応物学会予稿集, p. 322 (1978)
- 33) T. Santola: "Performance of Atomic Layer Epitaxy Devices", SID 81 Digest, 12, pp. 20-21 (Apr., 1981)
- 34) K. Okamoto, et al.: "Low-Threshold-Voltage Thin-Film Electroluminescent Devices", IEEE Trans., **ED-28**, 6, pp. 698-702 (1981)
- 35) K. O. Fugate: "High Display Viewability Provided by Thin-Film EL, Black Layer, and TFF Drive", IEEE Trans., **ED-24**, 7, pp. 907-917 (1977)
- 36) H. Kozawaguchi: "Low-Voltage-Driven AC Thin-Film Electroluminescent Devices", SID 82 Digest, 13, pp. 126-127 (May, 1982)
- 37) 三浦照信, 清英夫: "ZnS:Se_{1-x}:Mn 薄膜 EL 素子", 日本学術振興会第 125 委員会研究会資料, 371, pp. 7-9 (May 22, 1981)

- 38) M. I. Abdalla and A. Thomas: "Low Voltage DC Electroluminescence in ZnS (Mn, Cu) Thin-Film Phosphors", SID 78 Digest, 10, pp. 130-131 (1978)
- 39) K. Okamoto, et al: "Thin-Film DC Electroluminescent Devices of an $\text{In}_2\text{O}_3\text{-ZnS:Mn-ZnSe-Al}$ Structure", IEEE Trans., ED-25, 9, pp. 1170-1172 (1978)
- 40) T. Mishima, et al: "Molecular Beam Epitaxial ZnSe: Mn DC Electroluminescent Cell with Low Threshold Voltage", J. Appl. Phys., 52, 9, pp. 5797-5799 (1981)
- 41) 三島, 小長井, 高橋: "変調ドーピングによる MBE ZnSe: Mn EL 素子の発光特性", 第 29 回応物関連講演会予稿集, p. 740 (Apr., 1982)
- 42) 谷田, 内村, 金田: "ZnSe/n-GaAs による低電圧 EL 素子", 第 29 回応物関連講演会予稿集, p. 740 (Apr., 1982)
- 43) 山下博道ほか: "エピタキシャル ZnS: Ag, Cl/Si の DC・EL", 第 29 回応物関連講演会予稿集, p. 741 (Apr. 1982)
- 44) M. I. Abdalla, et al.: "Performance of DCEL Coevaporated ZnS: Mn, Cu Low Voltage Devices", IEEE Trans., ED-28, 6, pp. 694-697 (1981)
- 45) 倉橋, 高原: "AC 形薄膜 EL パネルのリフレッシュ駆動技術", テレビ学技報, IPD63, 1, pp. 1-6 (Dec. 22, 1981)
- 46) R. A. Blanchard: "High Voltage ICs for Electroluminescent Panel Addressing", SID 82 Digest, 13, pp. 258-259 (May, 1982)
- 47) K. Oki, et al: "A Fully Integrated MOS-EL Matrix-Display Device", ibid, 13, pp. 266-267 (May, 1982)
- 48) 岡元謙次ほか: "高輝度緑色薄膜 EL 素子とその低電圧化", 日本学術振興会第 125 委員会研究会資料, 358, pp. 17-23 (May 16, 1980)
- 49) 大脇純一ほか: "緑色発光薄膜 EL 素子の低電圧駆動化", 第 29 回応物関連講演会予稿集, p. 726 (Apr., 1982)
- 50) 吉田勝ほか: "白色発光 AC 薄膜 EL 素子", 日本学術振興会第 125 委員会研究会資料, 358, pp. 24-27 (May 16, 1980)

テレビジョン学会誌 12 月号 予定目次

【ふ ぉ ー か す】	北海道放送 浜谷慧亀
【技 術 解 説】	電子チューナーの現状……………東芝 青木 貢・天野勝造・山縣涌一朗・芝田文明
	立体テレビジョン……………松下電器 木谷晃夫
	三次元デバイス……………東工大 古川静二郎
【研 究 動 向】	空間光変調器……………阪大 西原 浩
【新技術のページ】	ENG/EPF 用カメラ型 VTR (BETACAM システム) について……………ソニー 高野昌幸・岩崎禎二
【論 文 ・ 資 料】	アダプティブアレイアンテナを用いたテレビジョン信号の混在波抑圧 ……………日本精工 本田栄伸・大宮 学・北大 小川恭孝・伊藤精彦
【講 座】	放送現業技術 (第 8 回): 4. 照明技術 (I)——ライティング設備——……………フジテレビ 谷川富也
【現 場 だ よ り】	東海テレビ放送における送出の自動化……………東海テレビ 市原宏志
【会 議 レ ポ ー ト】	固体素子コンファレンス……………東芝 原田 望