

デバイス研究センターの紹介

Introduction to the Devices Research Center

横川 文彦

Fumihiko Yokogawa

要 旨 デバイス研究センター (DRC) は 2006 年 7 月に総合研究所の中に新設された。新規光ディスクシステム、有機 EL ディスプレー、HEED、強誘電体メモリといった当社の独自デバイスとその応用システムを研究開発する部門である。本項では、デバイス研究センターのミッションや研究領域について紹介を行なう。

Summary The Devices research Center (DRC) was established in Corporate R&D labs in July, 2006. Our original devices and the systems using them, such as a new optical disc system, organic EL display, HEED, Ferroelectric probe memory, are developed in DRC. The author explains the mission and the research scope of DRC.

キーワード : BD, EBR, HEED, MEMS, SIL, DVD ダウンロード, 強誘電体プローブメモリ, 有機 EL, 有機トランジスタ

1. まえがき (パイオニアのデバイス研究の歴史)

当社のデバイスの研究開発の歴史は 1973 年にできた音響研究所の前身の開発部時代に遡る。開発部、音響研究所時代は AV 機器のデバイス開発が中心であり、ハイポリマーのヘッドホン振動板、スピーカーのベリリウム振動板、アナログプレーヤのゴムシートなどが製品化されている。半導体の研究開発は、1977 年に音響研究所の中に設立グループが結成され、同年半導体研究所が設立され現在の MTC へと繋がっている。音響のみでなく映像の研究など幅広く研究開発を行なうようになったため、音響研究所は 1978 年には技術研究所となる。技術研究所時代には、テープデッキのリボンセンダストヘッドや DAT のヘッドといった磁気記録デバイスが製品化につながった。また、記録できる光ディスクの研究がこの技術研究所時代に始まった。8" OMDD(Optical Memory Disk Drive) や 5" OMDD の色素ディスクの実用化からスタートし、DVD-R へとつながる色素光ディスク、30cmVDR として実用化された MO ディスク、CD-RW の研究からスタートし、DVD-RW へとつながった相変化ディスクの開発が行なわれた。1987 年よりスタートした総合研究所では、LD から当社のお家芸であった ROM ディ

スクの研究開発も行なわれ、DVD-ROM、BD-ROM と世界でも最先端の記録密度の ROM ディスクを生み出してきた。また、高密度マスタリング用に開発された電子ビーム記録装置・Electron Beam Recorder (EBR) は、マスタリング機器として 2004 年より外販事業を開始した。生技センターで研究開発がスタートし、総研に引き継がれた有機 EL ディスプレーの研究開発は、東北パイオニアで事業化され、1997 年には世界初の有機 EL パネルとして出荷された。

総合研究所の中に、昨年の 7 月にデバイス研究センターとシステム研究センターが新設された。HS 開発センターの光ディスクの研究開発部門が次世代光ディスクシステムに開発の軸足を移すことから、本年の 2 月にデバイス研究センターに編入され、技術開発本部内の PDP の開発を除くデバイス研究部門がデバイス研究センターに集まった。

2. ミッションと組織の概要

デバイス研究センターは、

- 1) 容易に他社がまねをすることができない / 特許の壁を有する / ノウハウをブラックボックス化した / 当社独自のデバイスおよびそれを用いたプロトシ

ステムの研究開発を行ない、当社の新規事業・既存事業に貢献すること

2) 技術移管した技術については、事業部門・関連会社の技術サポートを行なうこと

をミッションとしている。近年、韓国、台湾、中国などが低価格商品で市場を席卷している。単なるアクセサリメーカーでは、市場で存続することは難しく、当社でしかできないデバイスを核に事業を展開することが求められていると考えている。

他社とは違った新しい研究に乗り出すには、基礎研究から始めなくてはならない。基礎研究を行なうには、長期の開発投資と研究の成功確率が低いというリスクを避けて通ることはできない。この二つのリスクを軽減するために、国プロの活用と、大学との共同研究を進めている。我々が活用している国プロには、文科省傘下での大学・研究機関を核としたもの、経産省、NEDO傘下のもの企業が核となるものと2種類がある。前者は研究開発に、後者は実用化に力点が置かれるが、文科省傘下の国プロも最近実用化が問われるようになってきている。国プロに参画するためには、企業も実力をアピールする必要がある。学会発表などでそれなりの研究成果の実績があることが条件となる。国から、実用化補助ということで研究開発資金の提供を受けて研究開発を行なうが、研究プロジェクト終了後にいかに企業で実用化を行なうかということ問われる。純粋に研究のためのテーマを国プロで行なうのは難しくなっている。一方、大学との共同研究はそのような制約はない。新規テーマ探索で大学を訪問し、あまり他社が注目していないが当社には有用な研究の種を見つけて、共同研究を進めている。大学である程度研究が行なわれて結果が出ている種を評価した後に研究開発をスタートできるので、基礎研究のリスク軽減となる。

図1にデバイス研究センターの組織図を示す。デバイス研究センター内には4つの部がある。表示デバイス研究部 (Display Devices department)(DD研)は、有機EL技術をコアに研究開発を行なっている。高機能デバイス研究部 (Advanced Devices department)(AD研)は、素子の微細加工技術であるMEMS(Micro Electro Mechanical Systems)技術を核に研究開発を行なっている。次世代メモリ技術研究部 (Advanced Memory technology department)(AM研)は、微細プロセス技術や制御・信号処理技術を核にテラバイト級の次世メモリや電子ビーム記録装置 (EBR) の研究開

発を行なっている。次世代光ディスク研究部 (Optical Disc systems department)(OD研)は、現行のDVDやBDの開発サポートと平行して、Solid Immersion Lens(SIL)を用いたBDの次世代光ディスクシステムの研究開発を行なっている。

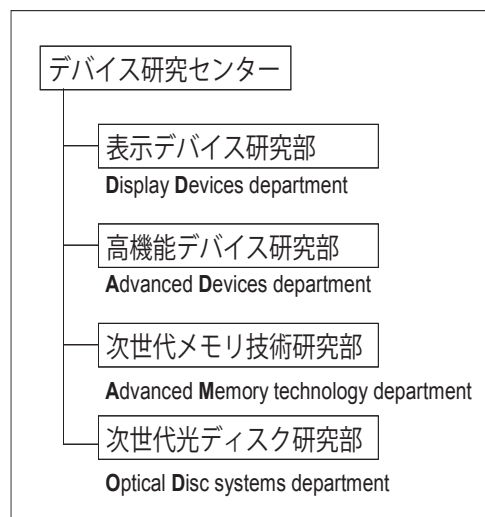


図1 デバイス研究センターの組織

3. 有機ELディスプレイの研究開発

当社の有機ELディスプレイの研究は1988年に開始した。総合研究所にて研究開発を続け、その技術を東北パイオニアに移管し、1997年に世界に先駆けて有機ELパネルの量産を行った。その後、総合研究所では有機ELフィルムディスプレイに注力し、現在に至っている。表示デバイス研究部 (DD研) では、有機ELディスプレイの各種要素技術開発を行い、東北パイオニアの有機ELパネルに継続的に新技術を盛り込むべく開発している。目下、東北パイオニアのパッシブマトリックス駆動有機ELパネルの主力は、携帯電話やカーオーディオ向けの小型パネルである。より明るく、薄くが求められており、原理的に蛍光より3倍明るい燐光の発光材料の実用化に取り組んできた。赤の燐光材料は実用化されたが、青の燐光材料はまだ研究レベルでこれからも研究開発が必要である。

一方で、より軽く、より薄く、落としても壊れない、曲がるという有機ELフィルムディスプレイの研究開発に長年取り組んでおり、2000年にはモノクロのパネルを(図2)、2002年にはカラーパネルを(図3)CEATECに展示した。フィルムディスプレイの鍵は防湿技術であり、信頼性の確保が急務である。有機ELフィルムディスプレイの究極の姿は、壁貼りテレ

びや巻物のディスプレイである。画面の大型化のためにはアクティブマトリクス駆動が必要となる。フィルム上に低温プロセスを用いた有機トランジスタの研究開発を行っている。

大学との共同研究や国プロにも参加しており、京大とのアライアンスでは線膨張率の小さいナタデココを用いたフィルム基板を開発した。また、まだ研究レベルではあるが、トランジスタ自体が発光する有機トランジスタを開発した。「高効率有機デバイス開発」という国家プロジェクトに2002年から2006年まで参画した。千葉大を中心にしたプロジェクトでは、縦型の有機トランジスタと有機ELを積層した発光型有機トランジスタを開発した。

新しい環境テーマとして、有機太陽電池の研究開発にも取り組んでいる。

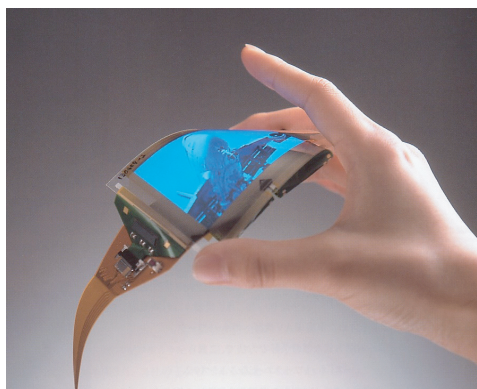


図2 2000年 CEATEC 発表モノクロフィルムディスプレイ



図3 2002年 CEATEC 発表カラーフィルムディスプレイ

4. 高機能デバイスの研究開発

高機能デバイス研究部 (AD 研) では、MEMS 技術を核に微細加工での高機能デバイスの研究開発を行

なっている。

高効率な平面電子放出源である HEED (High efficiency Electron Emission Device) の研究開発は1997年に開始した。当初は、HEEDを電子源とした蛍光表示パネルをターゲットとしていた。NHKと浜松フォトニクス(株)との共同開発により、高感度光電変換膜である HARP 膜 (High-gain Avalanche Rushing amorphous Photoconductor) と組み合わせた撮像板の応用開発に移行し、現在その実用化を進めている(図4)。電子源の構成も、当初のパッシブマトリクス駆動型から、アクティブ駆動トランジスタの上に HEED を構成したアクティブ HEED へと変えており、電子源としての放出電子量や信頼性が各段に進歩した。

今年の NHK の技研公開では、VGA 素子による高感度カメラのデモが行なわれた。この高感度素子は、可視光だけでなく X 線での高感度撮像板としても有効なことが確認されており、幅広い応用展開が期待される。HEED・HARP 撮像板を組み込んだ業務用カメラの実用化が期待される。車載用の撮像板も視野に入れて、HARP 膜の共同開発を NHK と始めている。



図4 HARP 膜と HEED を組み合わせた撮像板

強誘電体薄膜に針状のプローブで微小なドメインを記録再生する強誘電体メモリの研究開発を、東北大学と共同で2001年に開始した。既に、東北大で10Tb/inch²の記録密度に相当する8nmサイズの記録ドメインが確認されている(図5)。MEMS技術で、微細マルチヘッドや駆動機構系を構築しカード型のメモリを作成することを考えている。図6は、マルチプローブヘッドによるメモリのイメージ図である。マルチプローブに適した記録再生の集積化回路や、媒体の高感度化などの開発課題について研究開発に邁進している。

AD研でも、強誘電体メモリに関連した国プロ、HEEDに関連した国プロに参画している。2004年から2007年まで行なった文科省傘下の国プロ「X線HARPを用いた生体超高分子構造機能解析装置」では、当社作製のHEEDを電子源とした撮像管でX線像を撮ることに成功した。高感度であることから、被爆量の少ないX線診断装置など将来の医療分野での応用が期待される。

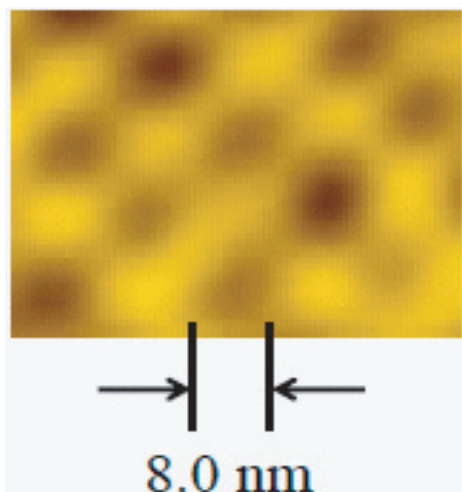


図5 東北大で強誘電体プローブメモリで $10\text{Tb}/\text{inch}^2$ の記録密度確認

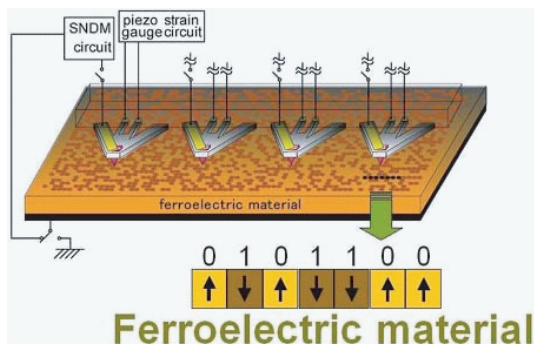


図6 マルチプローブ強誘電体メモリのイメージ

AD研では、MEMS技術を展開したその他の当社独自の各種デバイスの研究開発にも取り組んでいる。

5. DVD, BD の応用開発とその次世代の光ディスクシステム

次世代光ディスク研究部 (OD研) では、現行商品であるDVD/BDの応用開発も行なっている。DVDのビデオディスクの販売店では、展示を行なう棚のスペースに限りがあり、必然的に売れ筋のヒット商品を中心に展示を行なっている。ビデオディスクを購入するお客様の要望は多岐にわたるが、ヒット商品でないディスクはなかなか入手できないのが現状である。このような、売れ筋を外れた小さな需要を集めると、ヒット商品のボリュームと遜色のないテールエンドビジネスを行なうことができる。ディスクの展示を行なわないで、画面でディスクが検索できるようにする。お店の端末若しくは個人のドライブで、ネットワーク経由で映像ソフトをダウンロードする。その後、専用のDVD-Rディスクに記録をして、DVDのビデオディスクとする。記録後DVDビデオディスクと同じにしてDVDプレーヤで再生できるように、著作権保護方式はCSS(Content Scramble System)を用いる。このような仕組みのDVDダウンロード規格をDVDフォーラムで策定した。目下、次世代光ディスク研究部では、専用端末用の光ディスクの検証や、次世代の2層ディスクをDVDダウンロード規格に追加する検討を行なっている。図7は、DVDダウンロードの業務用ビジネスの例を示したものである。

BD-Rの規格では、色素ディスクの規格の推進を行なった。BD-Rの規格に色素ディスクに合わせたLtoH規格を加え、実用化を進めている。BD-Rでは、一方で当社独自の高速記録に対応した無機記録膜を開発し、光ディスク製造会社にライセンスを行なっている。

市場では、既にフルHDの次のテレビとして4000x2000画素の4K・2Kテレビ開発競争に入っている。また、ネットワークを介してのIPテレビで

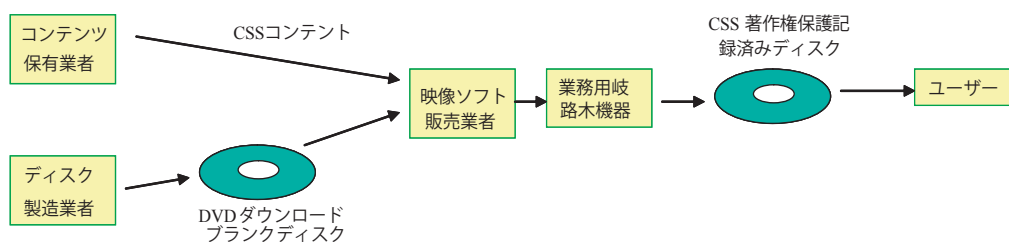
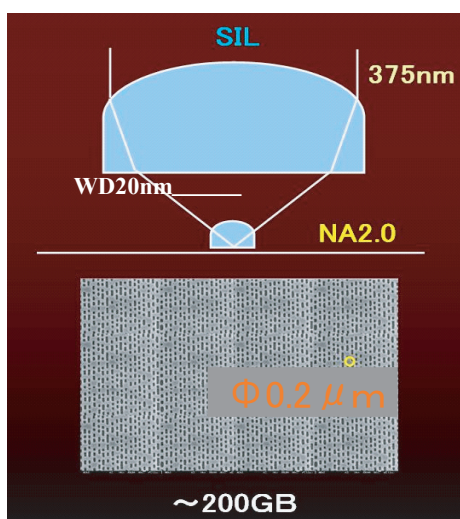


図7 DVDダウンロード業務用ビジネスの例

4K・2K テレビ対応の高精彩映像の配信が検討されている。東京オリンピックが2016年に開催される場合を想定して、スーパーハイビジョン放送の試験放送の前倒しも検討されているようである。このような、さらなる高精細のビデオソフトが出版物として出版される時代に、ROMディスクが出版媒体として生き残るのか、それともネットワーク経由の配信が主流になるのかの検討を行なった。音楽の世界では、ネットワーク配信がCDの市場を既に食いつぶしている状況にある。現状では、圧縮オーディオ1曲のダウンロード時間は5秒程度である。同じ条件でDVDをダウンロードすると141分、BDならば700分もかかってしまう。今後、ネットワークの高速化が進み、1Gbpsや10Gbpsという世界へ進むと考えられる。しかし、BDよりもさらに一桁容量の大きなコンテンツを音楽と同じような感じでダウンロードできる環境は2020年より先にならないとこないと推定される。当面出版物としてのROMディスクは必要であるとの結論に至った。そこで、BDよりもさらにレンズのNAを上げた、SILを用いた200GBの光ディスクシステムの開発を行なっている。図8はSILのイメージ図である。幸いにして、当社はEBRマスタリング装置の開発を先行して行なってきた。光を用いて200GBのディスクのマスタリングは困難であるが、EBR装置を用いれば十分可能な範疇である。EBRによるROMディスクを先行開発して、システム開発を進めている。ディスクの研究開発には、大型の装置が必要である。総合研究



レンズ内部にスポットを集光
NA > 1.0

図8 SILのイメージ

所の地下のクリーンルームに光ディスクの製造ラインのような大規模な装置を設置するだけのスペースはない。量産に近い形でのディスクのプロセス開発の研究開発部隊は、甲府に拠点を構えている。甲府の部隊ではDVDダウンロード、BD-RそしてSILのディスク開発を行なっている。

6. 次々世代の光ディスクシステムと電子ビーム描画装置の開発

次世代メモリ技術研究部(AM研)では、500GBを超える超大容量の光ディスクシステムの検討を行なっている。現在の個人の記録するデータ量の多くを占めるのは、ビデオや音楽のコンテンツである。将来は、さらに加えて、個人の日常生活のログとか、個人用にカスタマイズされ、インターネットよりダウンロードされた各種データといった映像データを含む大量の情報が記録保存されると想定される。一次記録場所はHDDとなるが、HDDは信頼性や長期保存性には課題がある。1TBを超える大容量アーカイブ用の追記型ディスクシステムの大きな需要があると想定される。この大容量アーカイブ光ディスクシステムの候補として、ホログラフィックメモリシステムや多層ディスクシステムなどが有力な次世代技術であると考えている。

ホログラフィックメモリシステムは、多重してページデータの記録再生を行なうことから、大容量、高速転送レートの記録再生システムの候補となっている。当社のホログラフィックメモリの研究の歴史は長い。当初はフォトリフラクティブ効果をもつ、固体結晶への記録再生システムを研究開発した。結晶材料の性能の限界から、大容量記録システムを構築することはできなかった。その後フォトリフラクティブ効果を有するポリマー材料を用いた光ディスクの形でのシステム開発を進めてきている。このポリマー材料のフォトリフラクティブ効果を持つ材料の変化だけでは十分な大きさの信号が出てこない。そこで、フォトリフラクティブ効果を持つ材料の変化に反応してフォトリフラクティブ効果を増大させるような反応加速材料を加えた合成材料となっている。この反応加速材料のために、記録を途中で止めても反応がそのまま進行してしまう暗反応という不要な動作が存在する。そのために、ポリマー材料の光に対する反応が進まなくなるまで光を当てて反応を止める必要がある。大量のデータを順番に連続記録する場合は問題ない。しかし、ランダムに小単位のデータを記録するような用途の場合には、記録ブロックの途中で記録データが終了する。その

場合、反応を止めるために引き続き光を照射するフィクシングという工程が必要となる。記録容量を無駄に捨てながら余分な時間をかけて記録することになり、ランダムアクセスには不向きなメディアである。さらに、温度を変えると体積が変化してデータが読めなくなる、波長の変化に対してもデータが読めなくなるなどのシステム上の問題もある。ポリマー材料を用いたシステムは、温度管理されたコンピューターームでの大量データのバックアップといった限定された用途しか使用できないと考えている。固体結晶あるいはフォトポリマー材料では、記録材料に起因する課題がある。民生用機器にはつながらないと判断から、システム開発は継続をしないこととした。有望と思われる記録材料候補があることから、ホログラフィック記録システムは、記録材料を開発する基礎研究フェーズに戻して研究開発を行なっている。

多層光ディスクシステムは、薄い記録層を積層して記録を行なう方式と、厚みを持ったバルク材料の中に光の焦点を移動して多数の層を記録する方式の2方式がある。いずれの方式でも、多層であるがゆえに記録の前後でも光を十分透過して、記録再生光がどの層にもいきわたることが要求される。そこで、記録層は透明であるが、高い強度の記録光を当てると媒体が変化し屈折率の変化とか蛍光を発し何らかの再生信号が得られるような記録材料が要求される。多層光ディスクシステムの課題は、転送レートにある。多層にすれば、層数に比例して記録容量を増やすことができる。しかしながら、転送レートは1層の記録密度とディスクの回転数で決まる。多層記録ディスクシステムで転送レートを上げるためには、複数の層を同時に記録再生を行なうマルチビーム記録再生システムとなるが、実現性、コストの点で難しさがああり、何らかの工夫が必要となる。こちらの多層ディスクも記録材料が鍵であり、材料開発の基礎研究フェーズに戻している。

総合研究所では、DVD-ROM、BD-ROMといった映像記録のための出版メディアの研究開発を行い、DVD-ROMフォーマットやBD-ROMフォーマットの策定を行なってきた。DVDの研究開発に先立ち、MUSEシステムのダイレクト記録を目標に、1980年代の終わりには紫外線レーザーを用いたマスタリング装置を開発した。DVD-ROMのマスタリングに必要な紫外線レーザーマスタリング装置は既に存在したために、DVD-ROMの開発を他社に先駆けて進めることができた。紫外線マスタリング装置の開発が終了した時点で、次世代の

マスタリング装置の研究開発に行くのには二つの道があった。光の延長線上で紫外線よりさらに波長の短いDeep-UVを用いたマスタリング装置とするか、一足飛びにジャンプをして電子ビームを用いたEBRマスタリング装置とするかであった。我々は、後者の道を選び、1992年よりEBR装置の開発をスタートした。BD-ROMを開発する時点では、先行してこのEBR装置が完成していた。他社に先駆けて25GBのBD-ROMディスクを作製し、規格策定をリードすることができた。EBR装置は高価な装置であり、一式で3-6億円する装置である。このEBR装置を、BD-ROMマスタリング装置として外販ビジネスを2004年に開始した(図9)。しかしながら、405nmのブルーレーザを用いた光の筆先記録による金属材料への記録と現像を行なう廉価なマスタリング装置の出現により、BD-ROM用のマスタリング装置の外販ビジネスは難しくなった。一方で、HDDの次世代ディスクであるディスクリットトラックメディアやパターンドメディアでは高密度のパターニングが必要となっている。HDDのマスタリング装置としてEBR装置が脚光を浴び、HDD用として外販活動を続行している。AM研では、1998年度から2002年度まで「ナノメータ制御光ディスクシステム」という12社2大学1国研が参加した経済産業省傘下の国家プロジェクトで、光ディスクマスタリング用のEBR装置の開発を行なった。2002年度から2006年度まで「大容量光ストレージ技術の開発」という8社1大学参加の経済産業省傘下の国家プロジェクトに参画し、HDD用マスタリング用のEBR装置の開発を行なっている。

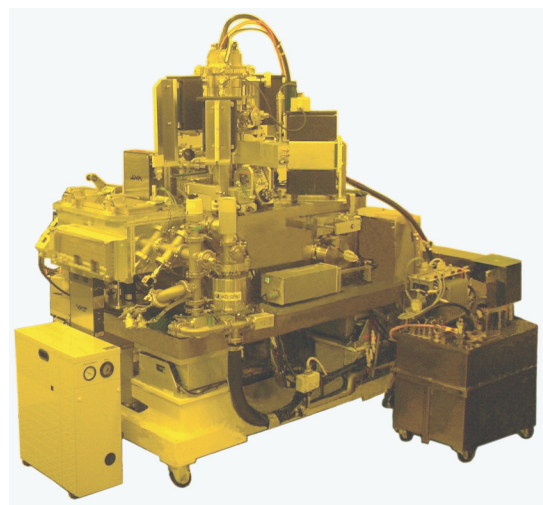


図9 EBR外販用の第1号機の写真

7. まとめ

デバイス研究センターに至るまでのパイオニアのデバイス研究の流れと、デバイス研究センターの説明を本項では記した。本年の研究中計では、研究のブラックボックス化をデバイス研究の課題に上げた。デバイスのブラックボックス化には、研究開発していること自体を秘匿することも上げられる。最後の項目に相当する研究開発テーマも存在し、本項でご紹介できなかったのはご容赦を願いたい。

デバイスを開発し、システム化を行い、製品化まで繋げるのには、長い年数を必要とする。有機ELディスプレイの開発スタートは1988年で、最初の実用化は1997年なので10年間を要している。EBR装置の開発スタートは1992年で最初の外販スタートは2004年なので、この間13年かかっている。ブルーレーザを用いたデジタル記録再生システムの研究開発を始めたのは1991年で、Blu-rayの最初の規格ができたのが2003年なので、これも10年以上の期間を要している。研究を加速して、早く実用化へ持っていくのは、我々デバイス研究センターの使命である。一方で独自デバイスを作り上げるためには、より基礎研究フェーズからの研究開発のスタートを切ることが必要となっている。パイオニアの皆様の辛抱強い研究開発へのサポートを切にお願いする次第である。

筆者紹介

横川 文彦 (よこがわ ふみひこ)

技術開発本部 総合研究所 デバイス研究センター 所長。入社後は回路エンジニアとしてICの設計を行なう。Dolby-B, Dolby-CのIC設計を担当した。アンプの研究、VTR-PCMレコーダ開発の後に、CDから光ディスクシステムの開発に従事した。CD, カーCD, OMDD, VDR, DVD, BDのシステム設計を行なうと共に、ISOのサンプルサーボフォーマット、DVD規格, BD規格と光ディスクの規格策定に携わった。DVDフォーラム、BDAのWGのチェアを務め、DVD-ROMの規格はECMA, JIS, ISO/IEC規格のエディターを務めた。2006年7月より、現職担当。IEEE会員。著書: DVD読本(共著)