

I S O M 2 0 0 6 速報

加園 修 (パイオニア株式会社)

会議名 : The 16th International Symposium on Optical Memory

開催期間 : 2006 年 10 月 15 日 - 19 日

開催場所 : かがわ国際会議場 (サンポート高松, 香川県高松市)

*****要 約*****

2006 年 10 月 15 日から今年で 16 回目をむかえる I S O M が香川県高松市で開催された。もともと日本人の参加者が多くを占める学会であるが、特に日本開催だけあり 381 名の参加者中 7 割以上が日本人であった。発表内容としては、ここ数年の傾向にあるように S I L, ホログラフィック記録といった高密度化技術に関するシステム, 媒体等に関する発表が多くを占めており活況を呈していた。高密度化技術として印象に残った発表を軸に全体を通しての印象, 期待される方向性等について報告をおこなう。また, 今年の会議の特徴として I S O M が主体となって策定された 5 つの次世代光メモリ技術を柱とするロードマップが公開されている。ロードマップに関しても概要に触れる。

1. はじめに

今年で 16 回目をむかえる ISOM が香川県高松市で開催された。3 年ごとにハワイ (ODS とジョイント), 日本, アジア地域の順で開催され今年是国内での開催であった。会場のかがわ国際会議場は高松港および JR 高松駅周辺の再開発で建設されたサンポート高松エリア内でシンボリック存在の 30 階建てタワービルの 6 F にあり, 再開発地域内では ISOM 以外のイベントも前後に開催されていたようである。開催期間中は 10 月半ばとしては暑さを感じるくらいの天候に恵まれ, 会議場で一日中過ごすのを恨めしく感じるくらいであった。参加者は総勢 381 名を数え, 国内 273 名, 次いで韓国 40 名, 米国 11 名, オランダ 10 名と続き, 国内開催がゆえに圧倒的な日本人参加者であった。講演発表者に韓国 Samsung, LG, オランダ Philips の技術者が多く見られ, 海外参加者の多くを占めていたようである。

セッションは, Media/High Density/Drive Technology/Components/Basic theory & New world/System & Applications の分野に分かれ発表が行われたが, 特に Media/High density だけで全体のほぼ半分の時間を割いていることからその重要度が感じられる。それらを支える技術としては, ホログラフィックメモリ技術, Solid Immersion Lens を用いた記録再生技術の占める割合が非常に高かった。「2. 注目技術」で個々の技術ごとに注目される発表等についてまとめる。

さらに今回の ISOM06 の注目点としては, Blue の Laser Diode を光源とした光ディスク (Blu-ray Disc/HD-DVD) の次に台頭してくるであろう光メモリ技術に対しロードマップが示されたことである。「3. ロードマップ」において詳細を述べる。

2. 注目技術

2. 1 ホログラフィックメモリ

今回の ISOM に参加しての真っ先に感じたことは、ホログラフィックメモリに関する発表の多いことである。媒体さえ手に入れることが出来れば、比較的簡単な設備で検討を始められるということが第一の要因であろう。一方オプトウエアが提案してきたコリニア方式に代表されるように、ホログラフィック媒体をディスク形状として、回転・送り系の機構系をもつシステムも台頭してきている。当然それらはより実用に近づいたシステムということであり、それらとあいまって材料の開発が進んでいることも裾野を広げている一因であろう。

Mo-D-01 インフェーズはディスク形状のメディアをカートリッジに納めたドライブについての発表をおこなった。システムの小型化に向いている反射型コアキシャルタイプとは異なり、通常の透過型二光束干涉タイプでの試作機としてはコンパクトにまとまっている。実機を今後展示会等にも展示予定らしく完成度の高さを感ぜられる。

Mo-D-02 ソニーでは、ディスクの表側と裏側に対向させたレンズ系を持つ記録システムの発表が行われた。メディアにダイクロイックの反射/透過膜を備え、記録再生に使われる青色のレーザー光は透過光学系として、ガイド層にサーボを掛ける赤色のレーザー光は反射光学系として機能する。両レンズは焦点位置が同じになるように駆動されるため、両レンズからの青色入射光がスポット位置で干渉し、ホログラム記録が可能となる。読み出しは、片側からのみ入射させることでビットバイビットの再生が可能となる。

Mo-D-04 パイオニアからは、記録光と参照光との焦点位置をずらしてディスク型のメディアに入射させる新しいタイプのコアキシャル方式ホログラムを提案してきた。メディアに光を入射させる光学系に中央に穴の開いたレンズを装入することで、穴を通過した光と、レンズ部を通過した光との焦点位置をずらすことが可能になり、中央部を参照光、周辺部を記録光とする。この光学系では媒体内での記録光と参照光の交差角を小さくすることが出来、より高密度な記録が期待出来る。

また、ホログラフィック記録の再生品質を向上させるユニークな手法として、**Mo-D-03** 富士ゼロックスの発表があった。再生時の参照光をグレーレベルとする（DC オフセットを与える）ことで、再生像がポジネガ反転することを利用し、ポジ像とネガ像の差分をとることで **bER** を低減することが出来た。単独でそれぞれ **bER** が 10^{-3} オーダーであったが 10^{-5} オーダーまで改善が可能であった。

このホログラフィック記録の分野よりそれぞれ **【Best Student Award】 Mo-D-07** 北大（ホログラム媒体のコピー手法）、**【Best Poster Award】 Th-I-41 Optimal Optik**（ハンガリー）（セットアップの違いによる **M# Consumption** の比較）が選出されている。

2. 2 SIL (Solid Immersion Lens)

いくつかの講演で、レンズとディスクを数 10nm に接近させる SIL システムにおいては、ビームスポット部のギャップを正確に保っていたとしても、レンズが傾いたときに、物理的にレンズの端がディスクに衝突してしまうといった問題が指摘された。例えば **Th-J-04** の LG の示したシステムにおいては機械的チルトマージンを $\pm 0.09\text{deg}$ 以下にする必要があると示されている。フィリップスがこれに対する現実的な回答としてカバー層をもうけるシステムを提案してきた。具体的な記述は避けるが、ディスクに対して $3\ \mu\text{m}$ のカバー層をもうけること、ギャップ検出用の光ディテクタを傾きに対応した 4 分割とすることの組み合わせにより、ディスクとレンズとの傾きが検出可能になる。SIL システムにとって大きな問題であったギャップ制御、チルト制御にたいしてほぼ解を得たことになり、実用化にさらに一步近づいたといえよう。さらに追い打ちを掛けるように **Tu-F-03** においては表面から 3、および $6\ \mu\text{m}$ の面に記録層を配した 2 層ディスクを可能と

するレンズ設計, Tu-F-05 において NA=1.45 の SIL システムを用いて 75GB の容量を達成する密度の記録再生の発表を行っている。

SIL システムにおけるカバー層は, 上記のようにチルト検出の目的のみならず当然記録面を外界から保護する目的も担うことになる。Th-PO-02 のソニーはレンズ系の再設計を行わずとも済む程度に薄い 500nm カバー層をディスクにもうけることで, 万が一のレンズとディスクとの衝突に対しても記録面が破壊されない事を示した。今後, カバー層, レンズ設計等最適化が図られていくことであろう。

We-H-08 ソニーからは SIL システムで重要となるギャップサーボの残留誤差を低減する検討が発表された。残留誤差の周波数分析をディスク回転数ごとにしたところ, ディスクの固有振動が大きく影響を与えていることが見いだされた。ディスク自体を 0.6mm で作製し 2 枚を粘着材で張り合わせることでダンピング性能を持たせ, 残留誤差を 6nm から 2nm(PP)まで低減できたとのことである。

2. 3 超解像技術

SuperRENS のシステムでは記録方向(Tangential)には超解像効果により記録密度を高めることが出来るが, トラック方向(Radial)に記録密度を高めることが難しいという問題が存在する。Tu-F-02 産総研はその問題に対してトラックを数本まとめて間隔をあけるといったディスク構造を提案してきた。具体的には 3 本ごとにトラックをまとめて, それらの間隔を利用してトラック用のプッシュプル信号を得る。ROM 型媒体で 3 本の中心のトラックにビームを当てた場合, 隣接トラックからのクロストークが読み取りパワー 2.4mW の時に極小となり, トラック方向に対しても超解像の効果が現れていることが確認できたとした。

また Mo-B-01 Samsung・産総研, Mo-B-02 産総研においては, それぞれ ROM/WROM の bER を低減 (Pit Length=75nm で bER= 10^{-3} ~ 10^{-4} レベル), WORM の繰りかえし回数の増大 (CNR3dB 落ちまで 7.7×10^4 回, まだ明らかに出来ない材料の追加で 2.6×10^5 回を達成), が示され, 地道ではあるが材料の開発・チューニングが進んでいる。

また Mo-B-03 NEC から超解像 ROM の検討を行った発表もおこなわれた。特に高速な超解像再生を目指すためには超解像膜の結晶化速度キーになると考えて GeTe 膜を選定・チューニングをおこなった。6.6~26.4m/s の再生線速範囲で CNR の読み取りパワー依存性が確認でき, 最速の 26.4m/s で 0.166 μ m の長さのビットに対し CNR=32dB 以上を達成している。

超解像の効果を用いた光ディスクは, 繰りかえし再生回数の増大, ビットエラーレートの低減, 再生速度の向上などといった実用へ向けての性能向上が地道に行われているといった印象を受けた。

2. 4 BD, 多層関連

日立, 日立マクセルより CEATEC で展示されていた SVOD (Stacked Volumetric Optical Disc) に関していくつか技術的な発表がなされた。Mo-C-02 日立において概要として DVD 密度のシート状ディスクが 100 枚スタックされてカートリッジに入っていること, ドライブを上面用と下面用の二つ装備していること, シートディスクをドライブに移動させる方法などが紹介された。We-H01 日立マクセルにおいてはメディア作製側として SVOD のディスク作製法が紹介された。ロール転写方式のナノインプリント手法を用い 92 μ m のポリカーボネート製シートに対し 1 枚あたり 8 秒でエンボス可能であるとの事だった。また同ナノインプリント手法で青ディスク相当のパターン作製 (Track Pitch=320nm, Pit 幅 100nm) も実現しているようである。さらに We-H-02 日立マクセルにてユニークなシート状ディスクの安定法の発表も行われた【Best

Technical Award We-H-02】。シート状ディスクは0.5mm厚のガラスの上へのせられた状態で中心部分がスペーサを介してクランプされる。ガラスディスクの内周部には空気導入穴(φ6mm, 8つ)が設けられ、シートディスクとガラスディスクが一体で回転し始めると穴からの空気の流れにより安定した隙間が作られ、シートディスクの面ブレが低減される仕組みである。実験により残留フォーカスエラー信号は通常のDVDと同等であることが示された。

シート状ディスクを用いるシステムはTh-I-16リコーからも発表されている。こちらは凹面状の固定されたスタビライザーの上でシートのみが回転する仕組みである。NHKが以前から発表をおこなっている(今回はMo-C-04)高速読み取り対応の制御方式ZPET-FF法との組み合わせでの高速読みとりも狙っており、シートディスクの安定度には自信がうかがえる。今回シート状ディスクを提唱する2社が出てきたわけであるが、お互いの性能比較、他の高密度化技術との比較等今後の進展が楽しみである。

Mo-B-04日立においてElectrochromic(EC)材料WO₃を用い電圧を掛けることで層選択が可能になる多層ディスクが発表された。以前から提唱しているシステムであるが、新たにIrOの層を設けることで電解質層からのリーク電流を抑えることに成功し、消費電力を従来の1/250, 0.8mWに抑えられたということである。消費電力が低減されたことにより、Mo-C-03日立で示された誘導電流による非接触電力供給の可能性が示されたことになり、システムとしての現実性が上がってきたように思われる。

Mo-B-06パイオニアより多層メディア作製法(製造装置)に関する発表が行われた、多層メディアの中間層を作製するには紫外線硬化樹脂を使うのが一般的であるが層間厚のコントロールに難があった。今回示された装置では紫外線LEDを用い、紫外線硬化樹脂を塗布し回転をしているさなかに半径位置、照射タイミング、回転数をコントロールしつつ樹脂を硬化させていくことで、2層Blu-ray Discの中間層間25μmの厚みばらつきを従来の5.8μmから1.5μm(PP)に抑えることが可能になった。また、同装置を用いBlu-ray Discの4層ROMディスクまで生産性よく作製することが可能になったとのことである。

Mo-B-05松下では、ライトワンスの4層Blu-rayディスクの発表が行われた【Best Oral Award Mo-B-05】。発表タイトルにもあるように100年の保存期間を目指すということで、従来からの媒体に対してチューニングをおこなっている。記録材料はTeOPdを用いており、さらに手前側のL2, L3にはHighly heat conductive dielectric filmとしてAlNを新たに用いたとのことである。一番劣化の激しかったL3(一番手前側)のジッターが2%分悪化する期間を寿命と定義して、加速試験により100年持つことが確認された。

2. 5 マスタリング&レプリケーション

光メモリのマスタリングおよびレプリケーションに関し光技術動向調査委員会で担当していることもあり、表題に関連した発表を特に取り上げる。

現在ISOM等の学会で発表されている高密度な構造(記録型ディスクの溝、ROM型ディスクのピット)作製には、ヒートモードマスタリング技術を用いるのが一般的になりつつある。BD-ROMサイズのパターン作製ではすでに生産を開始しているソニーに加え、今回フィリップス(We-H-06)から十分なBD-ROMの性能が得られたとの発表があった。BD-ROMサイズ以下を狙った例としては、同フィリップス、Tu-F-02産総研、We-H-07リコー、We-H-05シャープなどの発表も行われており、それぞれ酸化物(不明)、酸化物(PtOx)、有機物(PHS)、酸化物(ZnO)が熱反応を起こす層として用いられている。特にリコーの発表においてはドライエッチングを組み合わせることで最終的に石英基板上へとパターンングをおこなっていることが特徴的であった。今回の発表では全て405nmや266nmの光源を用いたファーフィールド光学系でのパター

ニングであったが、原理的には SIL との組み合わせが可能であり、今後の検討も期待される。

さらにそれ以下のサイズを狙うためにはやはり以前パイオニア等が発表をおこなった電子ビーム記録装置が有効であろう。今回の ISOM では Mo-B-01 サムソンが SuperRENS を用いた超解像 ROM 媒体を作製するために、電子ビームマスタリングで作製したスタンプを用いたとのことである。

後述するロードマップ「多層技術」の中で、多層媒体は構造を持った層を積みかさねることで ROM 型の媒体を達成しやすいといった利点があげられていた。多層媒体に適した構造の作製等の検討が今後進められていく可能性もあるであろう。

3. ISOM ロードマップ

Blue の Laser Diode を光源とした光ディスク (Blu-ray Disc/HD-DVD) では、CD、DVD サイズのディスクに数 10GB 程度までの容量を記録することが出来る。今後 10 年程度を俯瞰した場合はさらなる記録容量、転送速度が要求される事となり、それを実現するためにはどのような候補が考えられ、それらの候補技術により目標を達成するためにはどのような周辺技術の向上が、いつ頃必要とされるのかといったマイルストーンを示すことが重要である。そういった意図により国内の光メモリ技術者が、各技術候補に対し 5 名ほど、総勢 30 人程度招集されロードマップの作成に携わったということである。

今回ロードマップが示された光メモリ技術は、ホログラフィックメモリ、多層技術、2 光子吸収記録技術、SuperRENS、Near Field の 5 候補である。2015 年頃に 1TB の容量、1 Gbps の転送速度を達成するために必要となる要素技術が示された。

たとえば多層技術を例にとると、200GB 程度までは従来の延長の多層ディスク技術で 2007 年頃達成、500GB 程度までは Layer Selection の技術を適用することで 2010~2012 年頃達成、1TB 程度までは 2 光子吸収記録の技術も取りこみ 2013~2015 年頃達成、といった具合である。加えてマイルストーン達成のためにはハイパワー LD への要求であるとか、煩雑となる多層メモリ作製工程をいかにハイスループットで行うかといった乗り越えなくてはならない課題についての目標値等も示されていた。

ロードマップは各々 10 分の Short Presentation と 2 時間のポスターセッションによって公開されたが、夕方 18 時からのナイトセッションとして開催されたにもかかわらず、昼間の発表講演と変わらない人気を呈していた。このわずかな時間内でロードマップの詳細を理解することは難しく、今後広く公開されることが業界の発展のためにも望ましいと思われる。

今回、光技術動向調査委員会で将来の光メモリに関するアンケートをおこなうにあたり ISOM の会場で用紙を配布する許可を戴いた。実際に手渡しでの配布をおこなったが、快く受けとり回答をしていただけたようである。翌最終日までに 150 通ほどの回答を得ることが出来、これからまとめ作業にはいるわけであるが、アンケートでとりまとめることとなる技術者個人が捉えている印象と ISOM ロードマップとの差異の有無等が気になるところである。

4. おわりに

今回の ISOM はロードマップを示したといった大きな特徴があった。これまでの光メモリの業界では、半導体メモリ等のように技術ロードマップが明確にされていたわけではなく、個々の企業/研究機関、それぞれの方向づけにより研究が進められてきた側面があった。業界としての方向性をそろえるといった意味で、今回敢えて ISOM 学会が主体となってロードマップを示したということは意義が大きい。光メモリ研究開発

が転機を迎え、新たな一歩を踏み出すことになっていくのかもしれない。

次回の ISOM は、シンガポール Pan Pacific Hotel において 2007 年 10 月 21 日からの開催が予定されている。