

次世代DVDの相変化記録シミュレーション

次世代DVDの記録マーク形状を予測するシミュレーション技術

書換え型の次世代DVDでは現行のDVD-RAMと同様に、レーザー光をディスクに当てた際の加熱に伴う相変化を利用して記録を行います。現行DVDに比べ大容量・高密度な記録を実現するには、この相変化記録のようすを理解しコントロールすることが重要な技術の一つですが、ナノメートル($\text{nm} : 10^{-9} \text{ m}$)の世界の現象ですから、コンピュータを使用したシミュレーションが威力を発揮します。

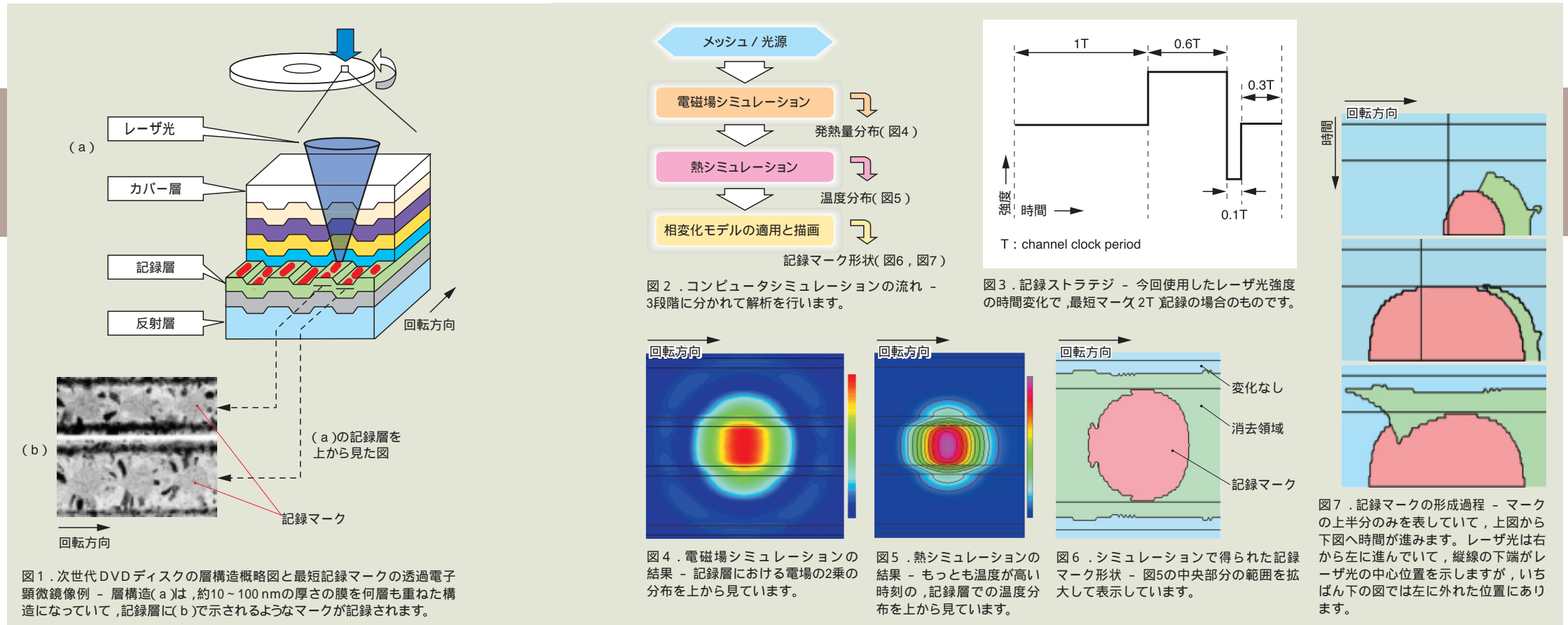


図1. 次世代DVDディスクの層構造概略図と最短記録マークの透過電子顕微鏡像例 - 層構造(a)は、約10~100 nmの厚さの膜を何層も重ねた構造になっていて、記録層に(b)で示されるようなマークが記録されます。

DVDの記録マークの仕組み

DVDフォーラムに提案されている次世代DVDは、現行DVD(4.7 Gバイト)の4倍以上となる約20Gバイトの容量を持ち、ハイビジョン映像にして2時間以上の記録を実現します。カバー層の厚さが0.6mmで現行DVDに似た特徴を持っているため、現行ディスクの製造インフラを共用可能、現行DVDを再生できる互換機能が容易、などの利点があり、またカートリッジなしで使用できるため、パソコン用や映像用などの幅広い用途に適しています。青色レーザー(波長405 nm)を使い、最短記録マークの長さが約170 nm(現行は約420 nm)となっています。層構造と実際の記録マークを図1に示します。

記録マークは、以下のような仕組み(相変化モデル)で記録されます。レーザー光はディスク内部で吸収されて熱を発生し、記録層を加熱します。このとき、レーザー光の強度は記録するデータに応じて時間的に変化するので、記録層の温度もそれに従って変化します。記録層は、温度の変化履歴により結晶(クリスタル)と非晶質(アモルファス)とに状態が変化するので、この二つの状態によってデータが記録されます。つまり、レーザー光の強度を強くして記録層のある点の温度が融点を超えると、その点は非晶質状態となり、再生時には記録マークと認識されます。また、レーザー光の強度を弱くして融点以下の高温を保つと、その点は結晶状態に変化し、消去という扱いになります⁽¹⁾。

コンピュータシミュレーション

シミュレーションの必要性

次世代DVDでの大容量の実現には、クロスレイズ(熱の広がりにより隣接トラックの記録マークを消してしまう現象)などを解決する必要があり、相変化記録のようすを理解しコントロールすることは重要な技術の一つです。しかし、ナノメートルやナノ秒の世界の現象ですから、光の強度分布や温度分布、その時間的な変化を実験で測定することは非常に困難です。そこで、コンピュータシミュレーション(数値解析)の出番となるわけです。

シミュレーションの内容

シミュレーションは、3段階に分かれています(図2)。1番目は電磁場シミュレーションです。レーザー光

を電磁場として扱い、ディスクに入射して内部で発熱するまでを担当し、発熱量分布を求めます。三次元のFDTD(Finite Difference Time Domain)法を使用しています。

2番目は熱シミュレーションです。発熱量分布を与えて、記録層における温度分布を求めます。レーザー光強度の時間変化(記録ストラテジ、図3)も考慮して非定常解析を行いますので、温度の時間変化も求められます。三次元のFVM(Finite Volume Method)を使用しています。

3番目は相変化モデルの適用と記録マーク形状の描画です。前述の相変化モデルを適用し、記録層の各点の状態(記録マークか、消去か、変化なしか)を判断し、描画します。

シミュレーションの結果

電磁場シミュレーションからは、

例えば図4に示される電場の2乗の分布が得られます。発熱は主に記録層で電場の2乗に比例して生じます。熱シミュレーションにより求められた温度分布を図5に示します。中心付近での温度は記録層の融点(およそ600)をはるかに超えているので、記録マークが形成されます。

最終的に得られた記録マーク形状を図6に示しますが、図4や図5から記録マーク形状を予測することは難しく、すべてを通して行って初めて可能となります。また図7に示すように、記録マークの形成過程を時間を追って観察すると、いったん記録マークとなってもその後すぐに消去される領域のあることがわかります。以上のように、実験からは見えにくい現象をコンピュータ上で可視化できる意義は大きく、例え

ば、最適な記録マーク形状を得るための条件出しなどの際に強力な武器となります。

次世代DVDの実現に向けて

次世代DVDにとって最適な記録マークは、様々な変動に対するロバスト性や再生の際の信号処理など、多岐にわたる条件から決定されます。このシミュレーション技術を利用して、次世代DVDの実現に寄与していきたいと考えています。

文献

- Miyamoto, M., et al. Analysis of Mark-Formation Process for Phase-Change Media. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electron. 4, 5, 1998, p.826 - 831.

立田 真一

研究開発センター
機械・システムラボラトリー研究主務