

相変化型書換え可能光ディスク

(1977年～現在～将来)

Key-words：相変化型
ディスク、光ディスク、
書換え可能光ディスク、
アモルファス

相変化型書換え可能光ディスクは音楽 CD、映画 DVD が工場で既存のコンテンツを記録し大量生産配布する用途であるのに比して、ユーザーが自ら情報を記録したり、書換えたりすることが可能な光ディスクのジャンルです。書換え可能な記録メディアは種々ありますが、光ディスクでは、二つの状態（相と言う）での光学特性の差で情報記録を行います。

1. 相変化型

記録と消去は図1に示されるような断面構造を持つディスクに、レンズでミクロン単位まで絞った半導体レーザービームをプラスチックの基板上に形成した記録材料に照射し、図2に示すような記録・消去サイクルで行います。ひとつ目の相は、融点を超える温度まで上昇させ、その後極めて急速に冷却することによって得られる「アモルファス相」であり、ふたつ目は、そのアモルファス状態を融けない程度まで同じくレーザーで加熱後ゆっくりと冷やすことによって得られる「結晶相」です。情報の再生は、温度上昇が無視できるほど強度が小さいレーザービームで記録材料をなぞることで、二つの状態間で異なる反射率差を信号として取り出すことにより行います。相変化の意味は上記のふたつの相の間を精密にパワー制御されたレーザービームの照射だけで往復させることです。図3は実際の記録後の電子顕微鏡での観察例ですが、二つの相で形態が異なることがわかります。

2. 記録材料

結晶相は原子が3次元的に整然と格子状並んだ状態を言います。アモルファス相は、結晶相と同じように

固体であるが、格子が崩れ、原子が乱雑になっている状態を言います。これら二つの相をレーザー加熱のパターンを変えるだけでスイッチさせるために特定の材料群が松下電器のほか日本で開発されました。代表的なものは Ge-Sb-Te の3元系の材料です¹⁾。この材料を用いるとスイッチは数10ナノ秒の時間で実現でき、書換え可能なDVDが実現します。相変化型光ディスクが、最初に販売されたのは1990年です。その後、表1に示すようにいくつかのディスクフォーマットで製品が販売されてきました。PD, CD±RW, DVD-RAM, DVD±RWなどがその例です。さらに次の光ディスク装置であるBD（ブルーレイディスク）やHD-DVDでも相変化型が採用されました。記録材料は Ge-Sb-Te 系かあるいは、類似のもので、組成の違いは、主に書換え可能回数、書換えに要する時間に影響します。光ディスクの記録密度の向上は、記録材料は普遍的で変わらないのに比べて、光記録の本質として用いる半導体レーザーの波長が、近赤外領域、赤色、青色と順次短くなってきたことによるものです。

3. 保護層物質

記録材料はプラスチック基板上に成膜されますが、

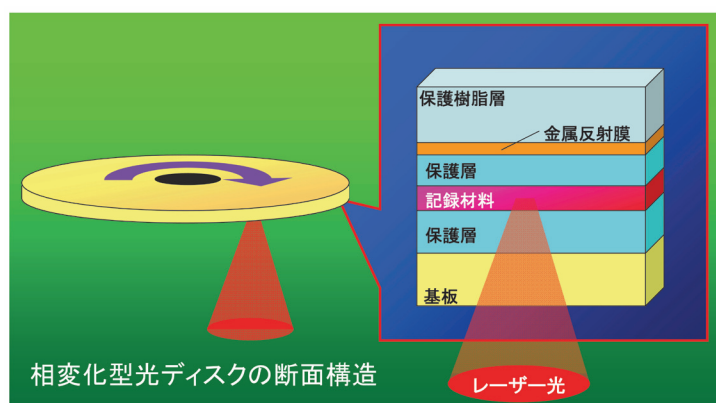


図1 相変化型光ディスク断面構造

プラスチック基板上に記録材料ほか数層の機能膜を形成する。

融点(約 650℃)以上に温度上昇しますので、記録消去の繰り返しにより基板が熱損傷しないように、記録材料の上下に図 1 の断面図に示すような熱保護層を形成します。これらの層は、金属反射膜層と合わせて、光学的な効率を上げることと熱伝導を制御する機能も有します。代表的な保護層材料は ZnS と SiO₂ を混ぜたもので、同じく松下電器で開発され、ほとんどの書換え可能な光ディスクで採用されています²⁾。Ge-Sb-Te 系では保護層のお陰で書換え回数は数十万回以上保証されています。

4. 将来とまとめ

相変化型書換え可能光ディスク^{注1)}は現在もお進歩しています。材料組成は大きくは変わっていませんが、より大容量、高速書換えという記録メディアへの飽くなき要求に応えるために、日々進化しています。ひとつには、記録層の多層化です。これはレーザー光が焦点を結ぶ位置を制御して一枚のディスクで何枚分もの記録容量を得ようというものです。2層のものは実現しています。このときはよりレーザー光の入射側に近い記録膜が半透膜であることが求められます。3層以上の記録膜を有するディスクが近未来に使用可能

注 1 精密にパワー制御されたレーザービームで結晶とアモルファスを繰り返し往復させて、書き換えを実現する光ディスク

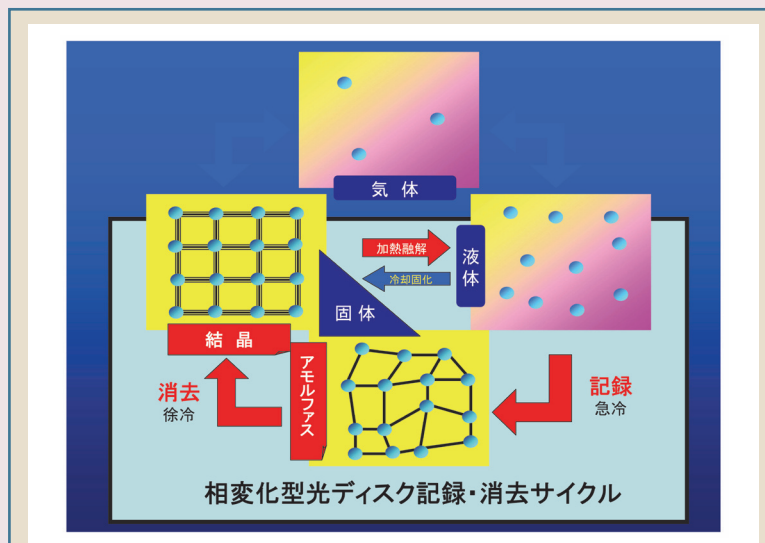


図2 相変化型光ディスクの記録・消去サイクルの概念

レーザー光を照射し、記録材料を融解後急冷することによりアモルファス相にして記録を行う。消去はレーザー光で記録材料が固体状態のまま、結晶化を始める温度まで加熱して行う。

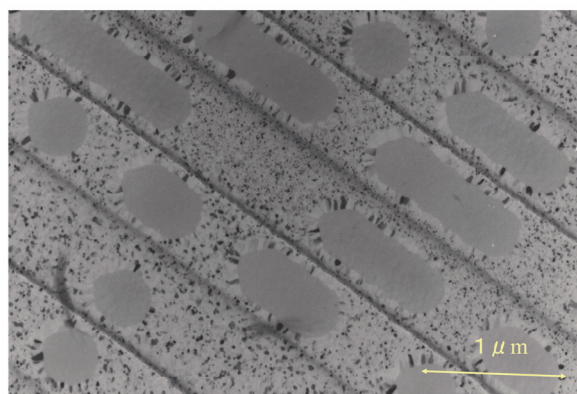


図3 相変化型光ディスクの記録後の電子顕微鏡写真

図中の比較的均一に見えるところが情報ビットとなるアモルファス相。粒状組織がバックグラウンドとなる結晶相。情報記録はアモルファス相の長さの組み合わせで行う。

注2 原子が規則正しく整列していない固体のこと。ガラスもアモルファス。

になるでしょう。レーザー光の照射を近接場光用いて、光の回折限界以下の大きさで行う試みもなされています。これらの将来を担う記録材料としても、相変化型のものが有力視されています。一見不安定そうなアモルファス^{注2)}相を用いた記録装置ですが、材料の選択と光照射を精密に行うことで記録の時間・温度安定性と高速書換えを実現しています。SPRING-8 など高精度な施設でも解析が行われたことを含め、記録材料の材料科学としての解析による支えがあって初めて信頼性の高いデバイスが得られました³⁾。

文 献

- 1) 山田昇, 高尾正敏, 松永俊行, 固体物理, 38,357-364 (2003).
- 2) 日本国特許 17788207 号 (1992)
- 3) SPRING-8 Research Frontier, pp104-105(2003)
http://www.spring8.or.jp/pdf/en/res_fro/03/104-105.pdf
 SPRING-8 は兵庫県西播磨に設置された電子線加速器よりなる高輝度の X 線発生施設で、結晶構造解析などに用いられる。
<http://www.spring8.or.jp/>

[連絡先] 高尾 正敏 松下電器産業(株)

表1 相変化型光ディスクの種類と記録材料・記録容量

ディスクフォーマット	記録材料	記録容量
PD	Ge-Sb-Te	0.65GB
CD-RW CD+RW	Ge-In-Sb-Te Ag-In-Sb-Te	0.65GB
DVD-RAM	Ge-Sb-Te	4.7GB
DVD-RW DVD+RW	Ge-In-Sb-Te Ag-In-Sb-Te	4.7GB
Bluray (BD)	Ge-Sb-Te	25GB

記録フォーマット（形式）がいくつかある。いずれも主成分はアンチモンとテルルである。材料組成を選んで、記録容量、書換可能回数、記録消去に要する時間等を最適化している。