

CDやDVDといえ、世の中で広く利用されている光メモリの代表格であり、集光スポットの大きさが重要な性能であることはいうまでもありません。その大きさは、本誌第33巻第1号59～60ページに掲載されているように、光ピックアップの光源の波長(λ)に比例し、対物レンズの開口数 (numerical aperture, 通常 NA と記載) に反比例します。このため、大容量の光ディスクを実現するひとつの手段として、光源の短波長化、対物レンズの高 NA 化が行われています。では、光ピックアップで再生した光ディスクの記録信号の品質評価には、どのような指標があるのでしょうか。

1. 再生信号指標

指標のひとつに、再生信号のスペクトル分布から得られる C/N (carrier to noise ratio) という値があります。分子のキャリア (carrier) は実際の再生信号の成分を示し、分母のノイズ (noise) は同信号に含まれるノイズ成分を示すものです。図1 (a) に光ピックアップの再生信号の波形の一例 (単一周波数のマークを記録した場合) を示します。その信号のスペクトル分布は図1 (b) に示すようになります。横軸は再生信号の周波数であり、記録マークの長さで見ると、低周波側 (高周波側) が長い (短い) 記録マークに相当します。図1 (b) のように再生波形のスペクトル分布は尖頭状であり、ピーク値がキャリア、裾の値がノイズに対応します。いずれの値も対数表示であることから、ピーク値から裾の値を引いたものが C/N になり、信号品質としてはこの C/N が高いほうが良いことになります。

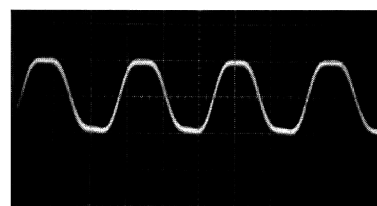
両方の成分について詳細にみていきましょう。キャリアは、光ディスクの記録マークの反射率を R_1 、記録マーク間の反射率を R_2 とし、光ピックアップの光学的な伝達関数を OTF (optical transfer function) とすると、次式のようにあらわすことができます。

$$C \propto \log(|R_1 - R_2|^2 \times OTF)$$

このため、光ディスクの記録マークの反射率と記録マーク間の反射率との差が大きいほうが高いキャリアを得ることができます。また、光ピックアップの OTF は図2に示すような周波数特性を示し、上

述した光源の波長と対物レンズの NA に依存します。つまり、長い記録マークでは高いキャリアを得ることができますが、短い記録マークではキャリアが低下します (再生信号の振幅が小さくなります)。また、光学系に何らかの収差が発生すると、図2の曲線は変化してしまいます。

一方、ノイズにはおもに、ショットノイズ、回路ノイズ、レーザーノイズ、ディスクノイズが寄与してきます。ショットノイズは、光ディスクからの反射光を検出するフォトダイオードなどの光検出素子で光を電気へ変換する際に生じるノイズです。このため、ショットノイズは平均受光量に比例しますが、周波数には依存しません。回路ノイズは、フォトダイオードで検出された信号を電流-電圧変換するとき生じるノイズです。このノイズは、検出信号の平均値 (フォトダイオードの平均受光量)、周波数にかかわらず、一定の値となります。また、レーザーノイズとディスクノイズは、レーザーおよびディスク自身をもつ固有のノイズであり、検出信号の平均値の2乗に比例します。ディスクノイズはディスク製造時のピットや溝形状のゆがみ、加えて、記録可能な光ディスクでは記録マーク形成時のゆがみなどに起因するものであり、図2に示すような光ピックアップのもつ OTF がかかり、低周波数側で



(a)

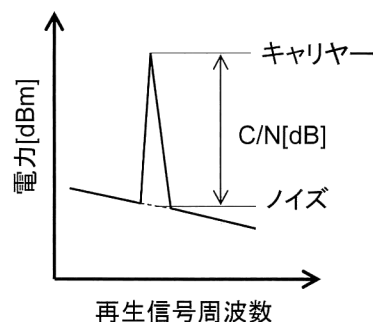


図1 再生信号。

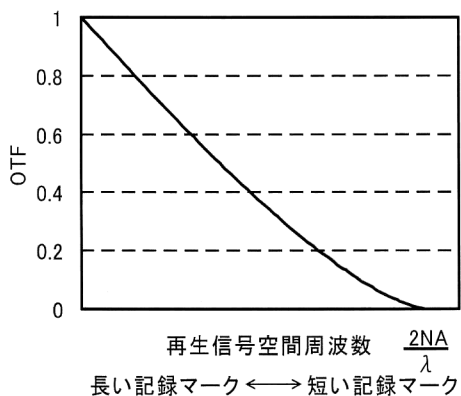


図2 光ピックアップのOTF.

ノイズが高い周波数特性をもつようにみえます。一方、光ピックアップでは小型・低コスト化のため光源としておもに半導体レーザーを使用しますが、この場合、光ディスクからの反射光の一部がレーザー内部に戻り、レーザー共振器で決まる発振モードとは異なる発振モードが発生します。2種類のモードの間でエネルギーのやり取りが起き、レーザーノイズが発生します。このノイズは周波数依存性がほとんどありません。

2. 再生信号改善指針

キャリアと各種ノイズの特性をまとめたものが図3になります。横軸は周波数、縦軸は対数表示したキャリアとノイズです。図3より、キャリアについては収差の発生を抑制するよう光学系の設計、組み立てを行い、理想的なOTFを実現させることが重要です。一方、ノイズについては周波数ごとに良好なC/Nを実現する手段が異なっています。つまり、再生信号の低周波側ではディスクノイズが高く、ノイズ全体の支配的要因となります。このため、ディスク製造条件や記録マーク形成条件を最適化し、ディスクノイズの抑制を行い、高いC/Nを得るようにします。一方、再生信号の高周波側では、回路ノイズやレーザーノイズの影響が大きくなります。このため、これらのノイズの低減が必須となります。回路ノイズの低減に関しては、フォトダイオードと電流-電圧変換アンプを一体としたPDIC (photodiode-IC) などの開発が盛んであり、市販のDVDでも広く使用されています。また、半導

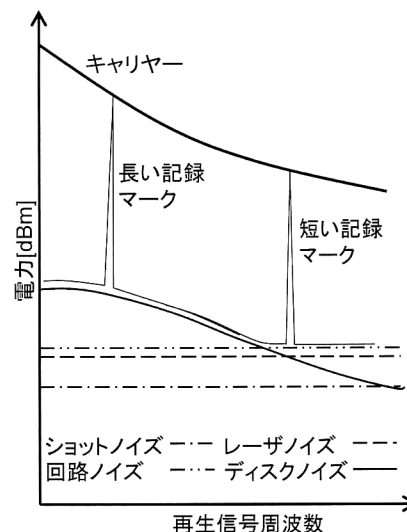


図3 キャリヤー、ノイズの周波数特性.

体レーザーのレーザーノイズを低減させる手段として、意図的にレーザーの発振モードを複数とし、戻り光によって生じる発振モード間のエネルギーのやり取りを低減させるのが有効です。これを実現する方法として、レーザー発振に必要な直流電流に高周波の電流を重畳させる手段がよく使われています¹⁾。

光ピックアップは、特に回路ノイズ、レーザーノイズを所望値に抑制できるよう設計されており、市販されているCD、DVDで十分な特性が得られています。

以上に述べた指針は、CD、DVDに限らず、青紫色の半導体レーザーを用いた次世代光ディスクでも適用されます。光源波長を短くするほど、また、対物レンズのNAをあげるほど、光ピックアップの性能の確保は厳しくなっていますが、求められる再生信号のC/NはCD、DVDと変わりません。このギャップを埋めるために、さまざまな工夫を凝らし、質のよい次世代光ディスク用の光ピックアップの開発が行われています。

文 献

- 1) 茅根直樹, 尾島正啓, 中村道治: “高周波発振回路を付加し、戻り光による雑音を許容量以下に抑えた半導体レーザー”, 日経エレクトロニクス, 327 (1983) 173-194.