

光を用いて電子情報の記録・再生を行うものとして、身近なものではCDやDVDがあります。最近では、さらなる記録密度向上を狙ったBlu-ray DiscやHD DVDという新しい規格も誕生しています。これらの技術は、対物レンズを用いてスポットを回折限界まで集光させることで高密度記録を達成しています。対物レンズを用いた集光スポットによる記録は、ファーフィールド光記録とよばれています。さらに高密度化を行うための技術にニアフィールド光記録があり、今回はその技術について紹介します。

1. 光スポットの小型化

高密度光記録を行うためには、集光スポットを小さくする必要があります。一般に集光スポットの大きさ  $D$  は、波長  $\lambda$  と光学系の開口数  $NA$  を用いて、

$$D \propto \lambda / NA \quad (1)$$

と表されます。より小さなスポットを得るために、CDからDVD、そしてBlu-ray Discに至るまで、短波長化、高NA化が進められてきました。現在、ほぼ限界まで来たといえます。ところで開口数  $NA$  の定義式は、集光点の屈折率  $n$  と最大光線入射角度  $\theta$  を用いて、

$$NA = n \sin \theta \quad (2)$$

と表されます。ファーフィールド光記録の場合は  $n$  が1(空気)なので、 $NA$ の最大値は1です。ところが、固浸レンズ (solid immersion lens, 以降SIL) を用いると、 $NA$ を1以上にすることができま

す。図1は、対物レンズの焦点を中心とした半球状の固浸レンズ (SIL) を配置した状態を示しています。SILに入射する光線はどの位置でも垂直入射なので、収差の発生はありません。集光スポット付近の屈折率は、対物レンズだけの場合と比較するとSILの屈折率倍大きくなります。そのため、 $NA$ が屈折率倍大きくなり、その分集光スポットを小さくすることができます。

2. 全反射とニアフィールド光記録

ニアフィールド光記録は、全反射時にガラス表面近傍で発生する近接場光を利用していることから、その名がついています。図2は、SILの集光点付近の光線を、光記録媒体が離れている場合と近接している場合について比較したものです。距離が離れている場合は、全反射角度 ( $\theta_c$ ) 以上の光はSIL底面から出ていくことができず、全反射されます。とこ

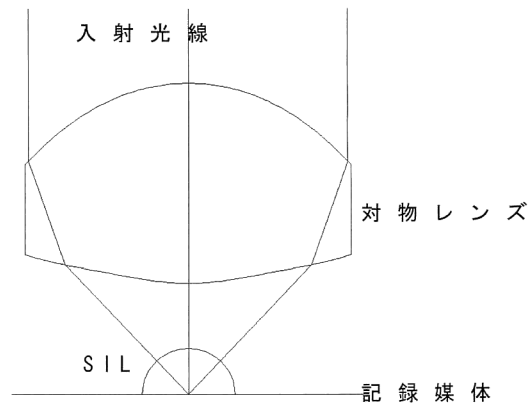


図1 SILを用いた記録光学系。

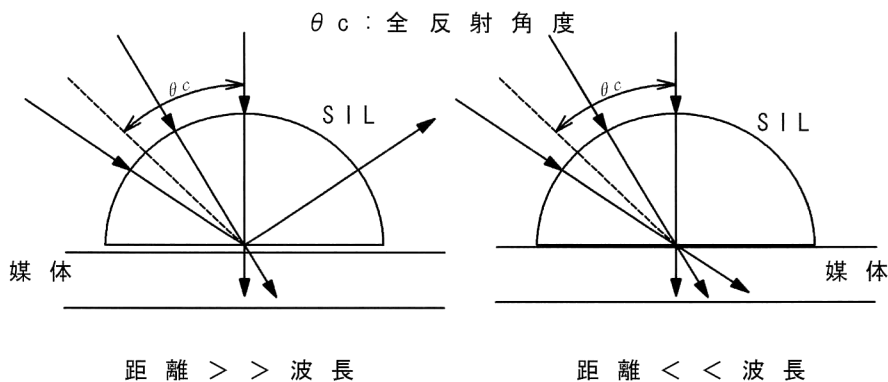


図2 SILと光記録媒体の距離による光線の振る舞い。

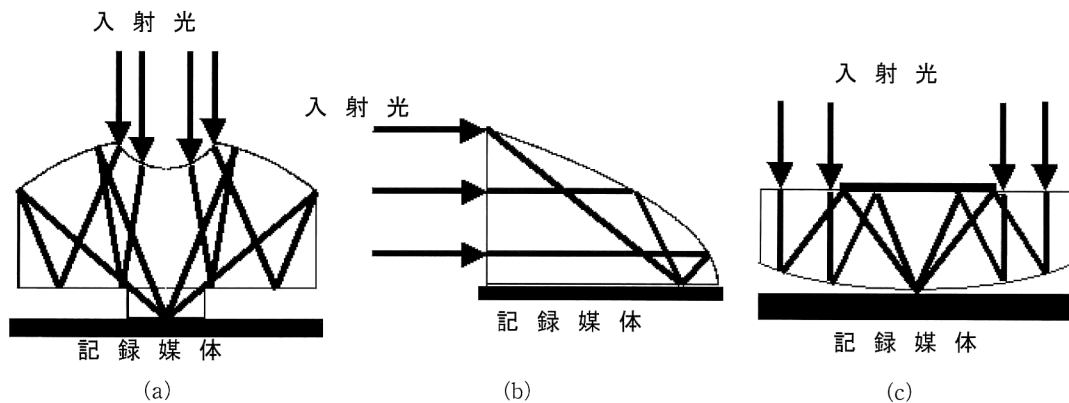


図3 提案されている各種SIMの模式図。(a) 屈折反射SIM, (b) HP (hemi-paraboloidal)-SIM, (c) PC (plano-convex)-SIM.

ろが、距離が波長よりも小さくなると、大きな角度の光線も媒体に到達します。これは、全反射時に発生するガラス表面に染み出した近接場光（ニアフィールド光）と光記録媒体が結合したことによりま

### 3. SIL と SIM

SIL を用いた光学系には対物レンズと SIL の 2 部品が必要ですが、2 つの部品の距離や中心位置を高精度に保持する必要があります。温度変化による膨張等も考慮すると、常に精度よく保持することは困難です。この課題を解決するために、1 つの部品で同等の機能を有するものが提案されています。どれも反射面を用いることから、solid immersion mirror (以降 SIM) とよばれています。図 3 に各種 SIM の模式図を示します<sup>2-4)</sup>。SIM を用いることで、保持の心配の必要ない単一素子で、高い NA をもつことができるようになりました。

### 4. さらなる高密度化の試み

SIL や SIM を用いて集光スポットを小さくすることで、記録密度向上が行えることを説明しました。最後に、さらなる高密度化の試みについて簡単に紹介します。集光点付近をマスクし、集光スポットよりも小さな穴を作製すると、そこから染み出してくる光は穴の大きさ程度となります。しかし、穴を小さくするほど染み出してくる光エネルギーが小さくなってしまい、効率よく光記録を行うことがで

きません。マスクを金属の薄膜で作成し微小形状（穴）を工夫すると、表面励起プラズモンの電場増幅作用という現象を用いることができ、小さな穴でも効率よく光を取り出すことができることが報告されており<sup>5)</sup>、超高密度光記録への期待が高まっています。

### 5. 光記録の今後

高密度光記録の一方式であるニアフィールド光記録について紹介しましたが、ほかにもホログラムメモリーや SuperRENS といった方式が提案されています。次世代の光記録技術の主役を目指して各方式とも精力的に研究・開発されており、今後の動向が注目されます。

この記事に関するお問い合わせは、kadono@mech.saitama-u.ac.jp, もしくは ura@dj.kit.ac.jp までお寄せください。

(コニカミノルタオプト(株) 金野賢治)

### 文 献

- 1) S. M. Mansfield and G. S. Kino: Appl. Phys. Lett. **57** (1990) 2615-2616.
- 2) T. Mizuno, T. Yamada, H. Sakakibara, S. Kawakita, H. Ueda and K. Watanabe: Jpn. J. Appl. Phys. **41** (2002) 617-623.
- 3) K. Ueyanagi and T. Tomono: Tech. Dig. Int. Symp. Optical Memory/Optical Data Storage (1999) p. 364.
- 4) H. Hatano, T. Sakata, K. Ogura, T. Hoshino and H. Ueda: Opt. Rev. **9** (2002) 66-69.
- 5) 例えば, 特許広報 特開 2003-114184.