

フォトリフラクティブ効果について

Photorefractive effects and materials

東京大学, 宇都宮大学 ○黒田 和男

Univ. Tokyo, Utsunomiya Univ., ○Kazuo Kuroda

E-mail: kurodakazuo@mac.com

フォトリフラクティブ効果 (photorefractive effect) (以下 PR 効果と略記する) とは、広義には、光の照射により物質の状態が変化し屈折率が変わる現象を指す。多くの物質でそのような現象が起こるが、ここで言う狭い意味での PR 効果は、電気光学効果を持つ光伝導性物質に生じる現象を指す。具体的には以下のプロセスで屈折率が変化する。

- 1) 空間的に不均一な光を当てると、光の強弱に対応して伝導電荷が励起される。
- 2) 伝導電荷は拡散や外部電場の効果により移動し、空間電荷分布が生じる。
- 3) その結果、電場分布が生じる。
- 4) 電気光学効果により屈折率が変化する。

主な PR 材料には、 BaTiO_3 や LiNbO_3 などの強誘電性結晶、化合物半導体、PR 効果を発現するように材料設計された有機物などがある。不均一な光強度分布の代表的なものが光の干渉縞であり、PR 材料中に干渉縞を屈折率変化として記録できる。これは位相型のホログラムに他ならない。さらに、PR 材料では定着のプロセスはなく、屈折率変化が時々刻々と記録されるので、実時間ホログラム (動的ホログラムとも呼ばれる) になる。干渉縞の記録や消去に要する時間 (書き換え時間) は材料によって大きく異なる。書き換えが高速に起こる材料は動的ホログラムとして使われる。一方、消去に長時間を要する材料では、消去までの間通常ホログラム材料と同様に使用できる。 LiNbO_3 は後者の例で、一時期、ホログラフィックメモリー材料として盛んに研究された。

PR 効果には、一般のホログラム材料にない特異な性質がある。それは、光の強度分布と形成される屈折率分布が空間的に横にずれることである (電荷移動が拡散による場合)。その結果、2 光波を干渉させてホログラムを形成した場合、一方の光波では入射光と回折光が同位相で重なり、もう一方では逆位相で重なる。同位相で重なる光波は強度が増大する。これを 2 光波混合による光増幅という。これを使うと、レーザー発振と同様の発振現象を実現できる。もう一つ PR 効果の重要な応用に、4 光波混合による位相共役波の発生がある。位相共役波は時間反転波とも呼ばれ、入射波が往路で受けた位相変化を、位相共役波が復路で完全に打ち消す効果がある。

PR 効果はユニークな応用がいろいろ考えられ、研究対象として面白かったが、結晶材料が高価であること、コヒーレント光を必要とするなどの問題があり、実用には至っていない。

謝辞：この度、光栄にも光工学功績賞を受けることとなった。これ受賞は研究を共にした同僚や卒業生諸君による研究成果によるところが大きく、心より感謝申し上げる。