

- ・基準共振器の徹底的な除振
 - ・入射光の共振器モードへのモードマッチング性能の向上
 - ・レーザー光の空間的なモードの安定化およびビーム方向制御
 - ・高い量子効率で高い光パワーで使用できる光検出器の開発
 - ・散乱光, 不必要な反射光の検出器への混入, およびレーザーへの戻り光を極力小さくする
- などの点をこれから解決していく必要がある。

出力パワー向上に関しては, 数 10 W 以上を越えると半導体レーザー励起 Nd:YAG レーザーを用いてもレーザー媒質の熱的な揺らぎや放熱による振動等の影響が無視できなくなり, 周波数およびモードの安定度向上は非常に難しくなると思われる。このため複数のレーザー光出力をコヒーレントに足し合わせる方法が有望である⁵⁾。これを実現するにはレーザー間の正確な周波数・位相トラッキングや正確なモードマッチングおよびビーム方向制御を行う必要がある, 先の周波数安定化と同様の問題を解決する必要がある。

今後の展望

超高安定レーザー実現に向けて解決しなくてはならない問題点の多くは重力波検出器である干渉計においてもあてはまる共通の問題である。このためレーザーと干渉計を独立に考えることはあまり意味がなく, これからは

両者を一体のものとして基本設計をする必要があるだろう。これは例えば基準共振器およびレーザーまでもを干渉計の一部に取り込んだ構造なども考えられる。こう考えるとこの重力波検出用干渉計の実現は巨大な超高安定レーザーの実現と言っても良いだろう。またこの干渉計は 10^{23} 個もの光子を 1 ms 近くの時間にわたって共振器に閉じ込める事に相当し, 光ストレージリングと言えるかも知れない。この様な観点から考えるとこれから必要なのは光の状態をもれなく測定してかつ任意に制御するための理論および技術であろう。このような問題点が解決されて重力波検出器が実現されればこれは単に物理の基本法則の検証と言う本来の目的だけでなく, 量子光学, 超精密計測, 光デバイス等の幅広い分野の発展に多く貢献するだろう。

参考文献

- 1) A. Schawlow, C. Townes, *Phys. Rev.*, 112 (1958), 1940-1949.
- 2) D. Shoemaker, A. Brillat, C. N. Man, O. Cregut and G. Kerr, *Opt. Lett.*, 14 (1989), 609-611.
- 3) C. D. Nabors, A. D. Farinas, T. Day, S. Y. Yang, E. K. Gustafson and R. L. Byer, *Opt. Lett.*, 14 (1989), 1189-1191.
- 4) O. Cregut, C. N. Man, D. Shoemaker, A. Brillat, A. Menhert, P. Peuser, N. P. Shmitt, P. Zeller and K. Wallmeroth, *Phys. Lett. A*, 140 (1989), 294-298.
- 5) G. A. Kerr and J. Hough, *Appl. Phys. B*, 49 (1989), *App. Phys. B*, 49 (1989), 491-495.

高出力半導体レーザー励起固体レーザー

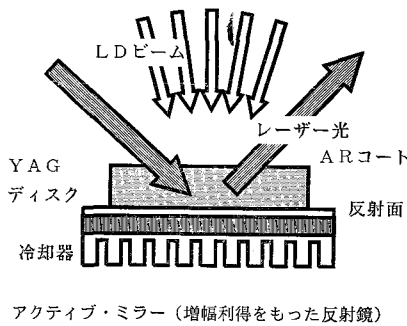
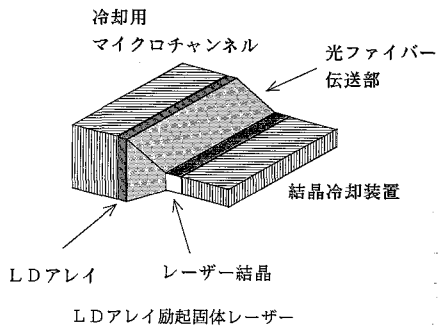
植 田 憲 一*

重力波検出用干渉計のための高安定レーザーに半導体レーザー励起の Nd:YAG レーザーを用いることを考えている。レーザーはコヒーレントな光源で可干渉性が高いとされている。しかし, 市販の He-Ne レーザーを 2 台持ってきて, 互いの光ビートを観測しようとした場合はどうなるだろうか。多分, 光ビートの周波数は非常に高周波で, なおかつビート周波数が激しく変動しているのを観測するに違いない。通常のレーザーはそんなに安定なものではないのである。重力波天文学では 10^{-9} ラジアンという極微量の位相変化を測定する必要があるという。そのためには kW 級の出力を超高安定に発生するレーザーの開発が必須となる。このようなレーザーはかつて人類が開発に成功した超高安定レーザーの出力を

1 万倍に増大し, それによって量子雑音限界を 100 倍以上も改善することによってはじめて可能になる。現状の技術の水準を前提とした開発計画は不適當で, 今後の技術の動向をにらみながら研究を進行することが重要である。

近年, 固体レーザーのルネッサンス, 文芸復興が多方面で主張されるようになってきた。新しい波長可変固体レーザー材料が開発されたことも一因ではあるが, なんといってもその原動力は半導体レーザーの高出力化と固体レーザーの励起への応用にある。Nd:YAG レーザーは希土類のネオジウムイオンを発光中心にしたレーザーで励起のためには, 809 nm 近傍の吸収帯を用いる。幸いなことに 809 nm は GaAlAs 系の高出力半導体レーザーにもっとも適した波長である。半導体レーザーは接合面の微少な体積に電流, レーザー光を閉じ込めることで, 電気入力からレーザー光出力への変換効率が 50%

* 電通大 レーザー極限技術研究センター Kenichi Ueda: High Power LD-pumped Solid-state Laser



以上にも達する。制御されたレーザー光で励起されたNd:YAGレーザーはエネルギーの入力から出力まで、すべてが光で制御されるようになり、高効率で低雑音の発振特性を持つことが理論的に予想される。

半導体レーザーの出力、制御特性などは近年長足の進歩を遂げ、現在もそのテンポは加速の一途をたどっている。大体積で発振させる半導体レーザーは原理的に困難なので、半導体レーザーをアレイ化して高密度に積層する。高密度半導体レーザーの特性は効果的な冷却に依存しており、米国ではシリコンのマイクロ・チャンネルによって3.5 kW/cm²のパワー密度の2次元アレイも開発されている。半導体レーザーの研究で世界の最先端に位置しているわが国でも、今後高出力、高密度のアレイ化半導体レーザーの研究を活発にしなければならない。

半導体レーザーによる励起では、レーザーのビーム特性を利用する点で新しい方式の可能性を検討することができる。現在、盛んに研究されている端面励起方式では励起体積を共振器のモード体積以下にすることで安定な単一横モードを可能にしている。将来の高出力化のためには、2次元アレイを用いたスラブ・レーザーやアクティブ・ミラー(利得を持った反射鏡)などが有望であろう。理想的な光を要求する重力波検出はレーザーの開発にとっても、新しい飛躍を要求する挑戦的な課題である。

HAMAMATSU

C-CCDの世界

冷却CCDテレビカメラ

今、天体観測は、フィルムからCCDカメラの時代へ移っています。フィルムの長時間露光と同等以上の画質と解像度が短時間で実現できます。

「馬頭星雲」60cm F4.7ニュートン直焦点 C3640使用露光90秒(館山天文台にて)

超高感度冷却CCDカメラシステムは、SITカメラや高感度フィルムを大幅に上回る感度と100万画素の高解像度により、宇宙の彼方からの極微弱な光を高画質で鮮明に映し出し、高速で画像改善やデータ処理・解析を行います。

超高感度

冷却CCDカメラシステム

浜松ホトニクス株式会社

システム営業部 〒430 浜松市砂山町325-6
☎(053)452-2141(代表) ファックス(053)452-2139

