

最近の技術から

ダブルモード導波路による光計測

大木 裕史・岩崎 純

(株)ニコン 〒140 東京都品川区西大井 1-6-3

1. はじめに

導波路は光学の箱庭である。光は小さな基板に閉じ込められるが、その基板の中ではバルク光学系におけるさまざまな光学素子の機能が姿を変えて実現される。たとえばハーフプリズムはY分岐、偏光ビームスプリッターはモードスプリッター、旋光子はモードコンバーター、という具合である。この対応に従って置き換えをするだけで、エリプソメーターや簡単な干渉計などバルク光学系のいくつかは導波路基板上に移し替えることができる。もちろん導波路で実現すれば大幅な小型化、コストダウンが可能になる。

しかし導波路を光計測のような分野に応用する場合、肝心の光学性能において導波路デバイスが対応するバルク光学系に勝つことはまずない。したがって単に置き換えの法則によってバルク光学系の機能を導波路基板上に移し替えただけでは多くの場合有意義な応用にならない。やはり導波路の出番をつくるためには対応するバルク光学系が存在しないような応用を考えなければならず、そのためには導波路のもつ独自の性質を利用する必要がある。

小型化、集積化、低価格化可能という面を別にすれば、導波路特有の性質とはおもに、(1) 離散的なモードをもつ、(2) 光の能動制御が容易、(3) 光のパワー密度が高い、の3点になるだろう。筆者らはこのうち(1)の性質に着目した。

ほとんどの光集積回路はシングルモード導波路を用いているが、よく考えてみるとバルク光学系においてレーザービームが平行光として空間中を伝搬している部分は、導波路デバイスではシングルモード導波路で置き換えるほかない。そうなるとシングルモードであること自体は導波路特有のメリットではないとも考えられ、そこでダブルモード導波路が登場することになる。

2. ダブルモード導波路による計測

図1はダブルモード導波路を用いた光計測用デバイスの基本形である。図の導波路入射端面にレーザースポットを入射させると、ダブルモード導波路内に導波モードが励振される。この導波モードは通常偶モードと奇モードとからなっており、入射レーザースポットの振幅分布関数の偶関数部分は偶モードを、奇関数部分は奇モードを励振する。したがって導波路内に発生した偶モードと奇モードの比率は入射光の空間的な非対称性の尺度となる。非対称性が強度分布のみに存在する場合は偶奇両モードが同相で励振されるが、位相の非対称性がある場合は一般に両モードに位相差が生じる。この特性から入射光の強度情報と位相情報を分離して検出することが可能になる。入射スポットの横ずれは強度の非対称、傾きは位相の非対称を意味するから、ずれと傾きがほぼ同時に分離検出できるわけである。次にこの具体的な応用として筆者らが開発しているモード干渉顕微鏡^{1,2)}の構成を図2に示す。

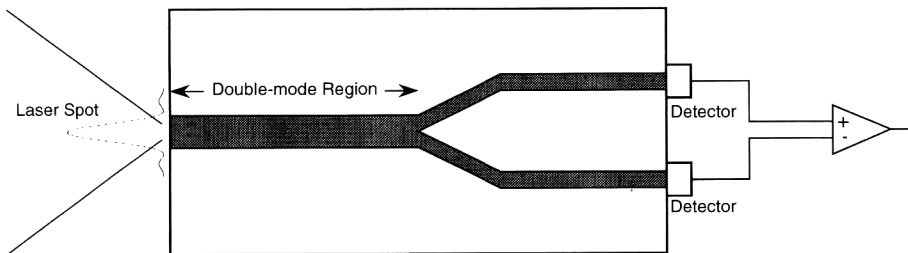


図1 ダブルモード変位計測デバイスの基本構成

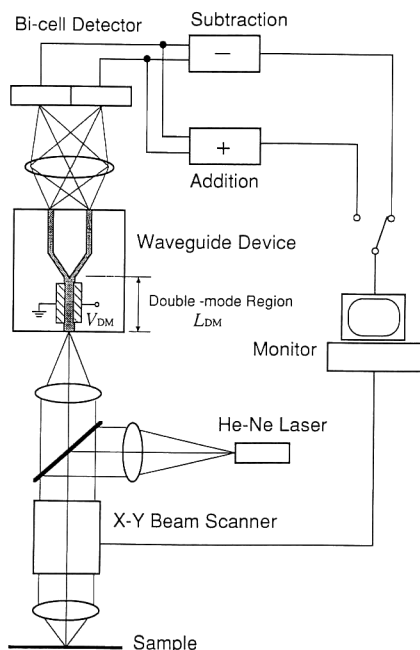


図2 モード干渉顕微鏡の構成

3. モード干渉顕微鏡

図2からわかるように、全体の構成は共焦点型レーザー走査顕微鏡そのものであるが、通常用いられるピンホールの代わりに図1に示したダブルモード導波路デバイスが配置されている。ダブルモード導波路の入射端面に達するレーザースポットは試料面の空間情報をもっており、とくに試料面上でレーザースポットがエッジに相当する部分にくると強度、位相の一方または両方に顕著な非対称性が現れる。この非対称性を反映して励振された偶奇両導波モードは導波路内で互いに干渉しながら伝搬する。ダブルモード導波路部分の長さを適当に決めてY分岐で分岐させ、2つの導波路射出端からの光を検出して差動をとれば入射光の非対称性をあらわにすることができる。つまりこの計測によって物体のエッジ部分に対応した信号が得られることになり、図2に示したモード干渉顕微鏡の像は微分干渉顕微鏡の像に非常に似たものになると予想される。図3にモード干渉顕微鏡で撮影したSiC結晶の表面の様子を示す。結晶成長に伴うス

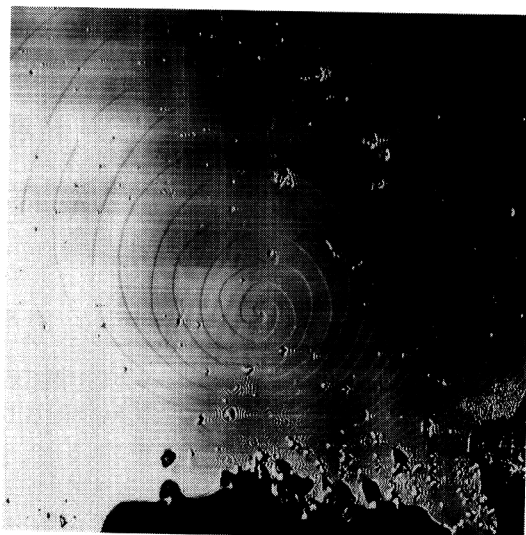


図3 SiC表面のモード干渉顕微鏡像
スパイラル状の段差は7.5 Å.

パイラル状の段差は約7.5 Åであることがわかってい
る。このクラスの微小段差をこれだけのコントラストで
描写できる光学系はきわめてわずかである。

4. ま と め

バルク光学系にない導波路デバイスのメリットとして
モードの離散性に注目し、とくにダブルモード導波路の
応用とその具体例であるモード干渉顕微鏡について述べ
た。図1のデバイスにはまだほかにもいろいろな用途が
考えられる。この世には偶と奇しか存在しない。この2
つを弁別できるダブルモード導波路は非常に意味深い存
在ではないだろうか。

文 献

- 1) H. Ooki and J. Iwasaki: "A novel type of laser scanning microscope: theoretical considerations," *Opt. Commun.*, **85** (1991) 177-182.
- 2) H. Ooki, R. Arimoto, T. Shionoya, K. Matsuura and J. Iwasaki: "Laser scanning mode interference contrast microscope and its application to step height measurement," *Jpn. J. Appl. Phys.*, **32** (1993) 4998-5001.

(1995年7月21日受理)