



光回折現象を利用して DWDM通信の光パワーのばらつきを抑える

GLV デバイスの製造、信頼性試験からアプリケーションまで

大石克己, 富田 昭

米国 Silicon Light Machines 社の GLV (Grating Light Valve) デバイスは、すでに量産されている MEMS 製品である。GLV は、プロジェクタや印刷機器のほか、光ネットワークの DWDM 通信用ダイナミック・ゲイン・イコライザに適用できる。ここではまず、GLV の動作原理や製造工程、信頼性試験について述べる。後半では GLV の各分野への適用例を紹介する。 (編集部)

筆者ら (米国 Silicon Light Machines 社^{注1}) は、MEMS (micro electro mechanical systems) 技術の一つである「GLV (Grating Light Valve)」を実用化し、ディスプレイ装置や、オフセット印刷に使用するコンピュータ・トゥ・プレート製版機器、光通信用デバイスの開発を行ってきました。ここでは、まず GLV の生まれた背景とその動作原理を説明します。また、GLV がまったく異なる分野のアプリケーションにどのように使用されているのかを紹介します。

1 GLV の基礎知識

1991 年ごろ、米国 Stanford 大学の David Bloom 教授は、光の干渉を使って物質の微小構造や微小変動を測定する装置を作ろうとしていました。同氏は、一つの小さなミラーを傾ける方法ではなく、平行に正確に移動させる方法として、MEMS 技術を使うことを考えていました。具体的には、シリコン上にリボンの構造を作り、静電気吸引効果を使って、そのリボンを駆動する方法を考案しました。リボンどうしの間隔を光の波長に近づけることによって、光の回折

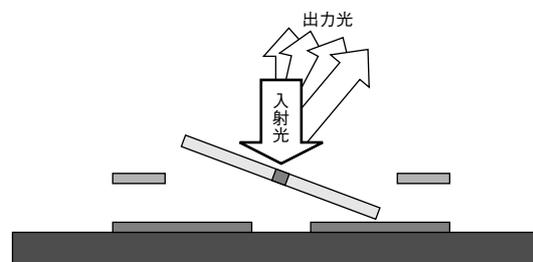
現象が起こります。これにより、複数のリボンでエレメントを構成するという現在の GLV の基礎概念が生まれました。そして、半導体プロセスを使うことで、何千本ものリボンを簡単、かつ、均一に作ることもできると考えました。

その後、1994 年に David Bloom 教授は米国 Sun Microsystems 社の創立メンバの 1 人である Andy Bechtolsheim 氏とともに米国 Echelle 社を創立しました。当初、同社はこの光学技術の実現を目的として、これを使用したディスプレイの製品開発を行っていました。そして、1996 年に会社名を Silicon Light Machines (SLM) 社と改めました。

1997 年ごろ、GLV の実用化のめどが立ち、1998 年に米国 Cypress Semiconductor 社のウェハ工場で、最初の GLV デバイスの製造が開始されました。初めにディスプレイと印刷機器の分野で市場開拓を行いました。2000 年 7 月にはプロジェクタの分野において、ソニーとの間に GLV デバイスの独占製造・販売契約を締結しました。

● DMD は光の反射を、GLV は光の回折を利用

レーザー光を制御する技術は反射と光回折現象を用いる方



〔図1〕 鏡面を傾ける方式の MEMS

DMD は、 $15\mu\text{m}$ ~ $25\mu\text{m}$ の鏡を前後に 10° 程度傾けて光軸の反射方向を変える。入射光と出力光のレベルが一定であり、入射光の向きを適切な方向に切り換える光スイッチのような分野では使いやすいデバイスである。

注1：米国 Silicon Light Machines 社は、2000 年に米国 Cypress Semiconductor 社の 100% 子会社となった。現在、Silicon Light Machines 社では、GLV を使った光通信用モジュールの開発を行っている。

法が一般的ですが、今までのMEMS技術はそのほとんどが反射を用いるものでした。その中でも有名なものは、15 μm ~ 25 μm の鏡を前後に10°程度傾けて光軸の反射方向を変える「DMD (Digital Mirror Device)」です(図1)。この技術は入射光と出力光のレベルが一定であり、入射光の向きを適切な方向に切り換える光スイッチのような分野では、非常に使いやすいデバイスです。しかし、ダイナミックに動作するアプリケーションに適用する場合、鏡面を支持するヒンジ部分の構造をくふうし、耐久性を向上させる必要があります。さらに、鏡面を十分に動かせるだけの空間を鏡面下に作るには、複雑な製造工程が必要とされています。

一方、GLV デバイスは光の回折現象を用いています。光の回折現象の身近な例として、クレジット・カードなどについている偽造防止のホログラフィックが挙げられます。これは、表面に微細なしまが複雑に刻まれており、回折現象によって虹色の模様が現れるようになっています。このような光の回折現象を半導体チップの表面で実現し、しかもダイナミックに制御できるようにしたものがGLV デバイ

スです(写真1)。

現在、実用化されているGLV デバイスには、合計6,480本の可動リボンと固定リボンが交互に配置されています(図2)。その可動リボンが固定リボンと同じ高さに位置しているときには、入射光に対してそのままの光軸で反射します。可動リボンにバイアスをかけると静電気吸引作用で湾曲し、可動リボンと固定リボンが凹凸状態となり、回折格子(Grating)が形成されます(図3)。

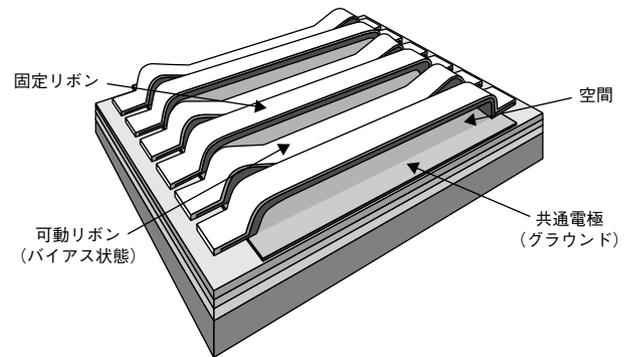
GLV デバイスは、次のような特徴を持っています。

- 高速に応答する
- 挿入損失が少ない
- ダイナミック・レンジが広い
- アナログ駆動ができる
- 接触面がなく、信頼性や安定性に優れている
- 生産性が高い
- 半導体プロセス・レベルの精度で製造できる
- CMOS 論理回路と集積しやすい
- 機械的な可動範囲が0.4 μm 以下と非常に小さく、構造がシンプル



〔写真1〕 GLV デバイス

光の回折干渉現象を半導体チップの表面で実現し、しかもダイナミックに変えられるようにした。



〔図2〕 GLV 技術

実用化されているGLV デバイスでは、合計6,480本の可動リボンと固定リボンが交互に配置されている。

〔図3〕 回折現象を応用したGLV 技術

可動リボンが固定リボンと同じ高さに位置している(バイアスをかけていない)とき、反射光は入射光に対してそのままの光軸で反射する。可動リボンにバイアスをかけると、可動リボンと固定リボンが凹凸状態となり、回折格子が形成される。

