

光通信用 LiNbO₃ 変調器

— セメントメインビジネスの中の小さな光る技術 —



久保寺 憲 一*

LiNbO₃, Modulators for Optical Communications

Key Words: LiNbO₃, optical communications, optical waveguide

1. 会社概要

社 名: 住友大阪セメント株式会社
英文名称: Sumitomo Osaka Cement Co., Ltd.
本社所在地: 〒102-8465

東京都千代田区六番町 6 番地 28

創 立: 明治 40 年 (1907 年) 11 月
資 本 金: 416 億円 (2001 年 3 月末現在)
売 上 高: 1,564 億円 (2000 年度)
代 表 者: 取締役社長: 小田切 康 幸
従 業 員: 1,532 名 (2001 年 3 月末現在)
事 業 内 容: セメントおよび生コンクリート, 石灰石等の鉱物および土石, 土木建築材料, 特殊セラミックスおよび塗料とその原料, 光を利用した通信機器および計測機器, などの加工, 製造, および販売

2. 新規事業と LiNbO₃ (LN) 光変調器

当社は, 社会のインフラを支えるセメント事業を主体として経営基盤の確立を進めるとともに, 柔軟な発想による新規事業の育成を推進しています. なかでも 1987 年頃から当時の中央研究所で始めた LiNbO₃ (LN) 光変調器は, 大陸間(海底)や陸上の長距離光ファイバ伝送路のキーデバイスとして位置づけられることになり, その後のインターネットやパーソナル通信の急速な普及に伴って, 今では当社

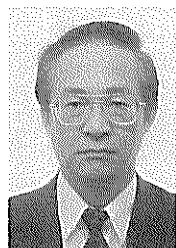
の新規事業である光電子事業の主力商品となっています. 現在, 事業部と研究所が一体となって技術開発, 量産, 低コスト化を進めているこの LN 変調器について, さらに紹介を続けさせていただきます.

3. 長距離光通信に不可欠なキーデバイス

光変調器とは情報を光の信号に変換して光ファイバに乗せる働きをするものであり, 光通信において不可欠です. 光変調器には半導体変調器(EA変調器)と, LN変調器の 2 種類がありますが, 短距離通信では, コストや使い勝手の点からもっぱら半導体変調器が用いられ, 長距離通信では, 波長特性が優れた LN 変調器が主に用いられます. LN 変調器の最大の特徴は, 使用波長範囲が広く, 半導体変調器のように設定波長の近傍($\pm 5 \sim 10$ nm)に限定されることがないこと, さらに高速変調に伴って生ずる瞬時の波長変動(チャープと呼ばれる)が小さいことにあります.

LN 光変調器の動作原理は, 電界によって結晶の屈折率が変わる電気光学効果を用いています. 図 1 は LN 光変調器の代表的な構造です. 光が通る道(光導波路)は, Ti(チタン)金属の LN 結晶への熱拡散によって, 一部屈折率が上昇することを利用して形成されます.

図の直線導波路部に入射した光は Y 字状の分岐導波路によって 2 つに分けられ, 並列に配置された直線導波路を通して再び合波されます. 2 つの直線導波路に近接して電極が設けられており, 2 つの導波路には逆方向の電界がかかるために, 電圧が印加されるとそれぞれ $\Delta\phi$ と $-\Delta\phi$ の位相変化を受けます. $\Delta\phi$ は電圧, 電極長, さらに LN 結晶のポッケルス定数に比例します. 2 つの導波路での位相差 $2\Delta\phi$ が丁度 π になるように電圧がかかると, 2 つの光は逆位相の状態で結合し, 干渉して打ち消し合い, 出口の直線導波路を通らずに散乱されます. この $2\Delta\phi$



* Ken-ichi KUBODERA
1947 年 8 月 10 日生
1972 年 東京大学大学院理学系相関理化学修士修了
現在, 住友大阪セメント(株), 新規技術研究所, 取締役 所長, 工学博士, 光エレクトロニクス
TEL 047-457-0181
FAX 047-457-5405
E-Mail kkubodera@sits.soc.co.jp

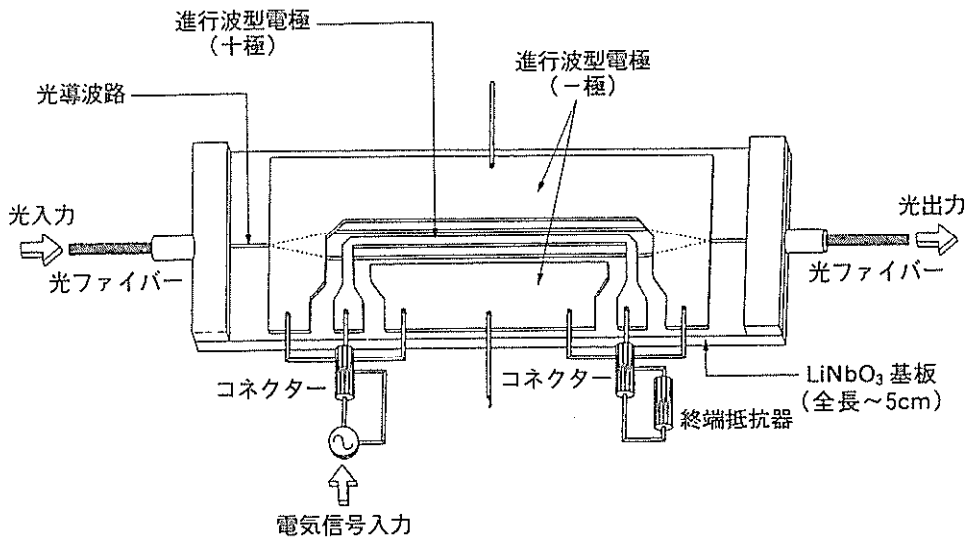


図1 LN光変調器の構造

$= \pi$ となる電圧は半波長電圧(V_{π})と呼ばれ、印加電圧 V を V_{π} と $0V$ の間で行き来させることで変調が行われます。高速の動作を実現するために、電極には進行波型電極と呼ばれる構造が用いられます。ここでは、電極を走る高周波電気信号と導波路内を走る光は速度が同じになるように構成されています。

4. LN光変調器の特性と開発動向

当社の代表的なLN光変調器の外観を写真1に、性能を表1に示します。使用波長は $1.55\mu\text{m}$ 帯用のものが主ですが、他に $1.3\mu\text{m}$ 帯用があります。変調速度は伝送路の特性に合わせて、5,10,20,40Gb/s用のものが準備されています。40Gb/sの光伝送システムは現在開発段階にあり、LN光変調器以外のデバイス開発を含めて各メーカーがシステムの構築を進めています。この中において、キーデバイスであるLN光変調器は、通信システムそのものの性能を決めると言っても過言ではなく、広帯域で、低電圧で動き、かつ安定性、信頼性に優れた低価格のものが期待されています。

LN光変調器には、上で述べた光の強度に変調をかける変調器(強度変調器と呼ばれる)の他に、光の位相に変調をかける位相変調器があります。位相変調器を強度変調器と組み合わせて用いると、光ファイバがもつ伝播速度の波長依存性(分散と呼ばれる)を打ち消すことができます。このために、位相変調器は超長距離系、特に海底通信システムなどで頻繁に用いられます。最近当社では、この強度変調器と

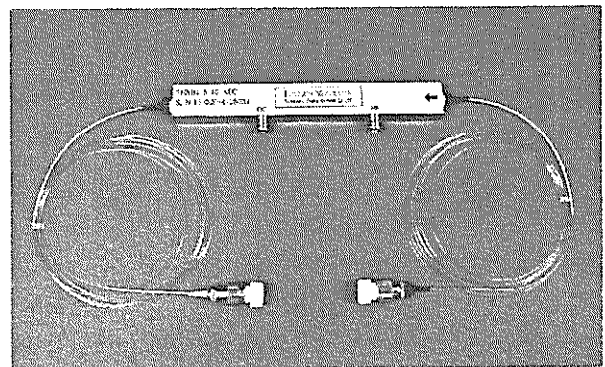


写真1 LN光変調器の外観写真

表1 LN光変調器の性能

| | 強度変調器 | | | |
|------------|----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|
| | 5Gb/s | 10Gb/s | 20Gb/s | 40Gb/s |
| 変調速度 | 5Gb/s | 10Gb/s | 20Gb/s | 40Gb/s |
| 使用波長 | 1.55 μm 帯 | | | |
| 挿入損失 | $\leq 5\text{dB}$ | | | |
| 駆動電圧 | $\leq 4\text{Vp-p}$ | $\leq 4.5\text{Vp-p}$ | $\leq 5\text{Vp-p}$ | $\leq 5.5\text{Vp-p}$ |
| 光帯域*1) | $\geq 4\text{GHz}$ | $\geq 8\text{GHz}$ | $\geq 18\text{GHz}$ | |
| ON/OFF 消光比 | $\geq 20\text{dB}$ | | | |
| 電極インピーダンス | 50 Ω | | | |

*1) 光 3dB-down (130MHz 基準)

位相変調器のセットを1枚のLN基板の上に集積し、大幅な小型化と低損失化を実現しました。これら集積型光変調器の要請は、今後ますます進むものと思われれます。

5. おわりに

LN光変調器が40Gb/sシステムを始めとする将来の光通信システムにおいて、引き続きキーデバイスとしての位置づけを維持していくためには、駆動電圧の低減化、多種の集積型光変調器の実現、生産性向上などによる低価格化などが今後の課題です。このために、今までのような構造面での改良のみなら

ず、材料の変更を含めた幅広い検討が必要だと考えています。当社の重厚長大なメインビジネスの中の「小さな光る技術」として、今後ますます邁進していきます。

参考文献

久保寺憲一，坂根敏夫：工業材料 Vol.49, No.2 pp. 48-52 (2001).

