

# ガラスに期待すること

豊橋技術科学大学情報工学系教授 宮崎保光

「ガラスに期待すること」というのは大変むずかしい題です。私どもは光ファイバーを研究していた途中から光 IC の研究に入ったわけです。最初の光 IC は、コーニングの 7059 とか、あるいはシリカを使いました。いまから 13~14 年前にかなり行われたわけですが、ガラスそのものには、当時、機能性を持たせるのは非常にむずかしいということで、私どもも、リチウムタングレートとカリウムナイオベートの方に入りまして、現在に至っているわけです。しかし、こういう会が開かれたということで、もう一度ガラスを少し勉強し直さないといけないというのが、実は本当の心境でございます。1980 年前後から、機能性の高分子、たとえば PVDF とか、セラミックの PLZT について、結晶の圧電性の薄膜層と比べましても遜色のないデータが出始めておりますのでガラスに一番近距離にあるのがこういう材料ではないかと思っています。

それともう一つは、光通信ということでオプトエレクトロニクスがかなり議論させているわけですが、実際の容量を考えた場合、光ファイバーを幹線に使った場合には中継器として非常に小さくしなければいけないという必然性は余りないわけです。むしろ OA 機器とか、あるいはホームエレクトロニクス関係の部品を小型化した場合に、特に光は容量が大きいので、光 IC が用いられるのではないかと思います。

そういう意味からいいますと、北野さんがお話しされたマイクロプロセッサの部分を集積回路にしまして、なるべくたくさん安く作るというようなテーマを研究していくことが一つの新しい基礎研究テーマではないかと考えて

いるわけです。

その一つが、実はメモリーディスクとか、あるいはコンピュータの IO 用のいろんなヘッド部分、あるいはレーザープリンターです。これは実はまだ機能性の高いリチウムナイオベートなどの結晶材料を使っておりますので、これがどれだけガラスの特性に置きかえることができるだろうかというのが今後の課題だと思います。

それから光集積回路を取り上げた場合に、切実な問題としてはどういう点があるかといいますと、光ファイバーと光集積回路との接合の問題が非常に厄介です。あるいは結晶を使ったいろんな機能性素子の場合でも、経年変化とか、あるいは電圧を加えるとドリフトがあって安定しないとか、こういう現実的な問題がありますが、それがクリーンアップしますと、光集積回路が OA 機器にきつと使われるだろうと思います。

その場合にも、もしガラスを使ったことによって安く、しかもそういうメリットのファクターが十分コンパラブルになれば、かなり役に立つと思うわけです。

若干、多田先生のお話しされたことを、復習するような形になるかもしれませんが、光集積回路にマイクロプロセッサを取りかえるという場合には、断面形状が小さくなります。断面形状が小さくなるということは、その材料の持っている機能性が非常に高くないといけないので、ガラスの場合は、いまのところ、パッシブガイドのコンポーネントとして一番メリットがある。アクティブの場合には、そういう意味では非常にむずかしい部分があるので、一番最後に申し上げたいと思うのですけれ

表 1 導波型薄膜機能素子

(a)

(断面サイズ) ~波長	半導体・誘電体・磁性体結晶	ガラス
受動導波素子	○	◎
能動導波素子	◎	△
多増導波素子	○	○

機能素子の内容 発光受光, 偏光, 変調, 分波, 結像

(b)

	結 晶	セラミックス	ガ ラ ス
電気光学効果 (E-O)	LiNbO <sub>3</sub>	PLZT	
音響光学効果 (A-O)	Li: NbO <sub>3</sub> , ZnO 多増 (3増) Si		As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>
磁気光学効果 (M-O)	Bi: YIG (2増) YIG (MSSW による) 高速偏向		SFS-6 (可視光用アイソレータ)
熱光学効果 (T-O)	LiNbO <sub>3</sub> (偏向, 分波)		SnO <sub>2</sub> (サーマルプリンタ)
非線形光学効果	LiNbO <sub>3</sub> (双安定)		
増巾効果	Nd: YGG Cr: Er:		Nd: ガラス

新しい機能素子 LiNbO<sub>3</sub> (E-O による可変焦点レンズ)  
(空間フィルタ)

ども、物性的な観点から見た場合に、光の導波構造に大きな影響を与えるような点を開発しなければいけないと思うわけです (表 1)。

もう一つは、立体回路とかマルチレイアーを使うデバイスも最近関心が持たれておりますが、この場合に、基板は結晶として、上の方はガラス製の材料を使うということは、機能性ガイドそのものを使う場合に比べますと、かなり可能性があると思います。実際にマルチレイアーのガイドの場合については、われわれのところでも、分波器を使うときにアモルファス系の酸化物を使っています。そういう例が 2~3 ありますから、かなり可能性が高いような気がします。

いろんな情報機器を見たときに、発光、受光、変調、分波、結像というような性質があります。それを実現する場合に、機能性としてエ

レクトロオプティクス、あるいはアクトオプティクス、マグネットオプティクス、サーモオプティクス、非線形、増幅というものがあるわけです。ガラスに注目した場合には、電気光学効果を持つ材料としては、リチウムナイオベートなどの結晶とかセラミックに比べて、まだよいものがありませんので、私が知らないだけかもしれませんが、そういうようなものを見出していく必要があります。

それからアクトオプティクスに関しては、カルコゲナイドガラスがありますから、それを有効に使うことも一つの方法です。

それからマグネットオプティクスを使っておりますデバイスでは、結晶としては YIG にビスマスを入れたアイソレータがあり、注目されつつあるわけですが、こういう材料は、長波長の領域で使われるもので、可視領域で使え

るものはほとんどありませんので、マグネットオプティックスを使ったアイソレーターとしては、ガラスを使うとかかなりおもしろいことができると思っています。

それから高速のスイッチングとか偏光の問題におきまして、最近マグネットスタティックウェーブ (MSSW) が非常に注目されておりまして、実は2週間前、アメリカでこの分野のことについてシンポジウムで発表したわけですが、AOの偏光の特性に比べますと、マグネットスタティックウェーブというのは非常に高速化ができますから、マイクロウェーブのできるの、かなり基礎研究者の間で現在関心が高まっております。この分野の研究は日本ではほとんどされておきませんが、マグネットスタティックウェーブをガラスの中で起こすことができれば、非常におもしろいという気がします。

それからサーマルオプティックスの分野なんですけれども、これはスピードは余り速くないかもしれませんが、偏光とか分波には非常に役立つ可能性があります。サーマルプリンターの技術をガラスの膜にうまく利用しますと、これもちょっと昔やったことがあるんですけど、酸化錫の透明電極を組み合わせて、よいデバイスに比べますとスピードはおそいかもかもしれませんが、安くおもしろいものができる可能性があると思います。

それから非線形関連については、これは結晶でも非常に効率が低いものですから、かなりわずかしいだろうという気がするんです。

光増幅の関連では、ファイバー中のラマン効果を使った光の直接増幅に関心持たれておりますが、われわれのところでもネオジウムが入った YGG のガラス薄膜で光による直接の増幅を考えています。先ほど日本電気の鷲尾さんがおっしゃったような Er のイオンあるいはクロムを使って広帯域の増幅器をつくることも、半導体になおもしろいメリットの可能性もあると思います。

これはわれわれが最近やっている仕事ですが、普通のレンズでは、焦点距離を変える場合にはズームレンズとして機械的に距離を変える

わけですが、これをエレクトロオプティックスのとかサーモオプティックスの効果を使って電気的に焦点距離を変えることができます。実はこれはリチウムナイオベートでわれわれがいま行っていますが、一応 120~130  $\mu$  の変動が得られるということを確認しております。理論的な部分ですけれども、これもガラスでやれる可能性はあるように思います。空間フィルターも、多層ガイドで実現できることもあると思います。

ガラスに限ったことではないけれども、デバイスとして使う場合には、先ほど多田先生が使われた図に少し修正を加えて書くと、これが全体のシステムの正確な表現と思います (図1)。入力があって、内部状態があって、外部から電気的な信号か、あるいは光を入れてその出力を出す。ガラスの場合に、この点線で囲った部分の効果に、何か特徴がある場合には非常に生きるということなんです (図1(a))。この辺を考慮しておく必要があると思う。ガラスというのは大体透明ですから、何か特徴が生かされると思います。

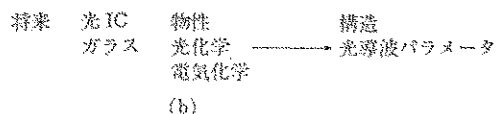
もう一つは、現在使われている IC のスピードがさらに速くなってきますと、すでにマイクロウェーブの IC では使われておりますが、セラミック基板を使ったマイクロ波 IC があるわけですので、光 IC をマイクロウェーブでいろ

システム, 光 IC



光 IC ——— IC  
MIC (マイクロ波集積回路)  
セラミック基板 (MSSW)

(a)



(b)

図1 光 IC システムと材料, 設計

いる信号のカップリングをさせる場合には、セラミック基板とのマッチングの問題もきつと出てきます。この辺のところをガラスでうまく置きかえることができると良いと思います。

もう一度歴史的な経過を考えますと、69年に光集積回路のアイデアが出て、その直後の基礎研究はガラスでほとんど行われたわけですが、その後しばらくガラスについてはブランクが続いているわけです。その間に蓄積されたことは、光導波パラメーター、モード結合などのいろいろな性質がかなり調べられています。そういうパラメーターを与えるようなガラスの物性がどの程度の可能性があるかという意味で、光化学とか電気化学のようなものをもう少し検討して、光導波パラメーターとの結びつきをはっきりさせる必要があるという気がいたします(図1(b)).

最後に、可動焦点レンズのスライドをちょっとお見せしたいと思います<sup>1,2)</sup>

材料はリチウムナイオベートですが、チタンを拡散しまして電界を加えますと、グレーディッドインデックスの屈折率の構造パラメーターが変わるわけです(図2)。それによって、xの負の方向から入った光の集束点が移動するわけで、それをガラスのようなものできると非常に良いと思うわけです。

図3は電界を加えたとき屈折率の変化を示したもので、点線は電界を加えないときの屈折分布、電界を加えますと実線のように変わるわけですが、光導波領域は非常に性質が良くて、かなりはっきりと変化するわけです。

図4は、焦点がどのようにフォーカスされるかを示していますが、(a)は電界を加えないときの光分布で、 $x=00, 0.241 \text{ mm}$  が焦点です。 $x=4.1205 \text{ mm}$  が腹になってもう一度広がり、焦点において収束する。(b)は、電界を45~60V加えますと、この図だけでははっきりわかりませんが、この焦点の位置が大体120 $\mu$ 程度動いています。

図5は焦点を比較した場合です。 $\Delta P$ が移動距離です。 $\Delta P=121 \mu$ の例ですが、いままでの光集積回路と違ったこういうキャラクターも

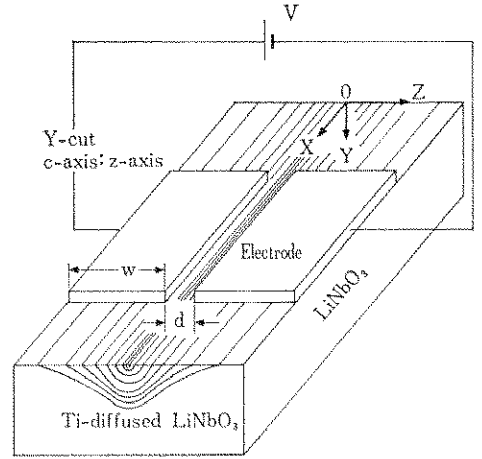
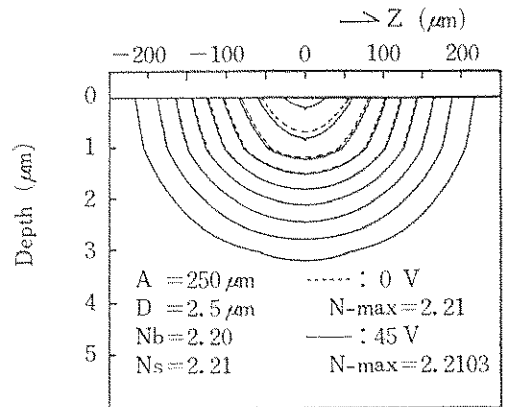
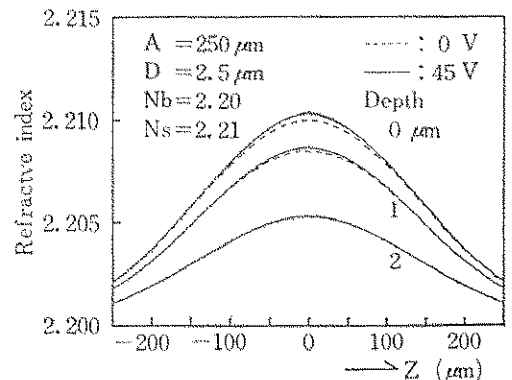


図2 薄膜導波路用プレーナ電極の構造

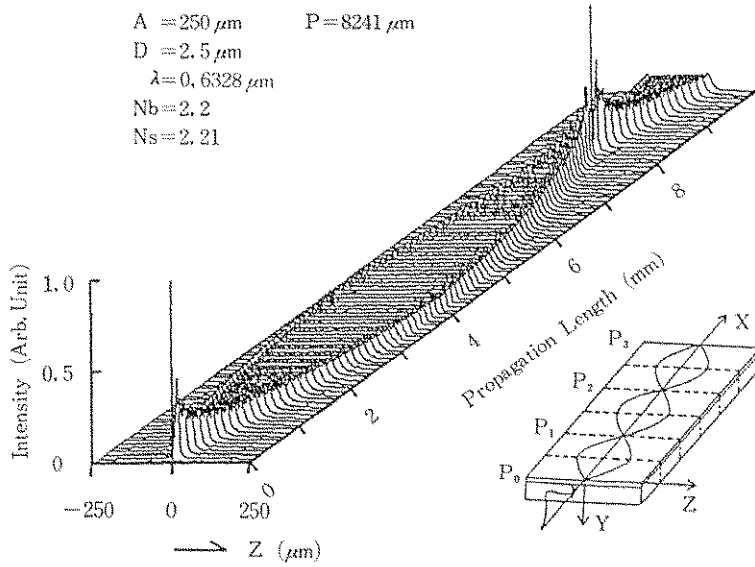


(a) 導波路横方向断面の屈折率等高線

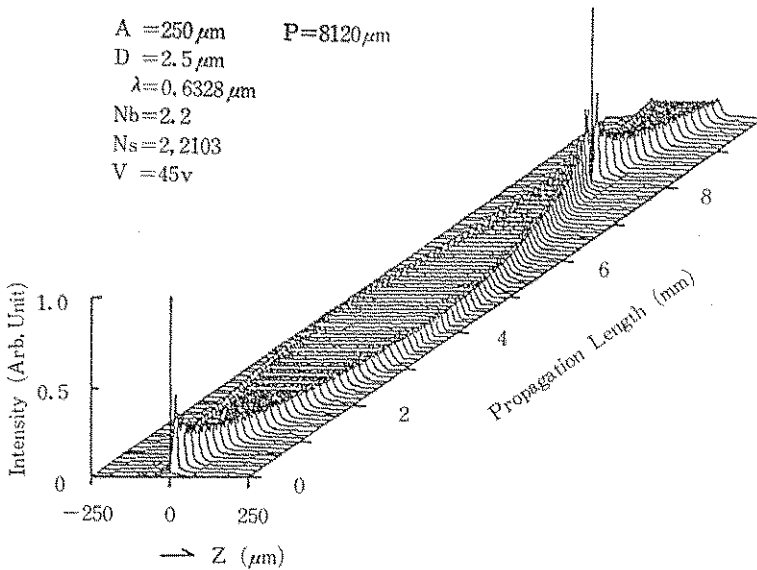


(b) 横方向の屈折率変化

図3 電圧分布型電極による導波路の屈折率変化



(a) 導波路の定常状態における像伝送



(b) 導波路の電圧印加時における像伝送

図 4 可動焦点導波路における像伝送

あるので、何かおもしろいことができるのではないかと思います。これをガラスでイオン拡散をしたような材料の場合に行うとか、あるいはサーマルプリンターの技術を使って熱の分布から構造パラメータを変えて焦点距離を移動させるということはかなり簡単にできると思います。

簡単ですが、以上コメントさせていただきました。

〔参考文献〕

- 1) 菅沼, 宮崎; 電気学会研究会資料 EMT-85-18 (1985) 25.
- 2) 山内, 宮崎; 電子通信学会技術報告, MW 84-128 (1984) 25.

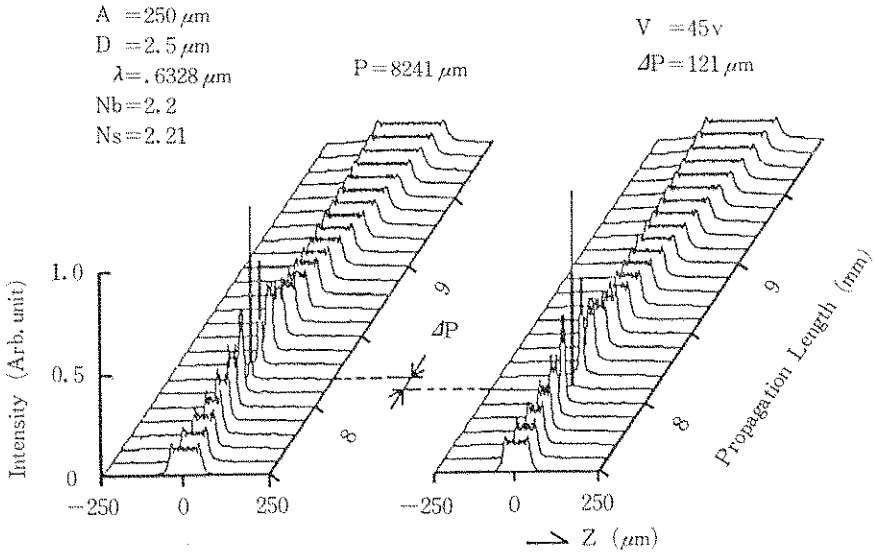


図 5 電気光学効果による薄膜導波路の焦点距離変化

〔著者紹介〕



(みやざき やすみつ)

昭和 43 年 3 月名古屋大学大学院工学研究科博士課程修了(電子工学専攻), 昭和 47 年 5 月名古屋大学工学部講師, 昭和 47 年 12 月より昭和 50 年 1 月まで, 西ドイツブラウンシュバイク工科大学高周波工学研究所

客員, 昭和 51 年 10 月名古屋大学工学部助教授, 昭和 56 年 4 月豊橋技術科学大学情報工学系教授, 現在に至る. 専門は電子工学, 電磁界理論で, これまでミリ波, 光ファイバを用いた通信, 光集積回路の基礎研究に従事してきた.

質 疑 応 答

**作花** 加藤先生にお伺いしたいのですが, 核融合の目的は, 要するに将来のエネルギーの問題ということだと思うのですが, 将来実用になるエネルギーをとるための核融合と現在のレーザー核融合とはどういう関係にあるのでしょうか. ちょっとお伺いしたいと思います.

**加藤** 現在の核融合の研究の段階と, それが将来エネルギーを取り出すということにどのように結びついてくるのかということでしょうか.

**作花** 核融合というものはほかにもありますね. 全体として, 実用になってくるとしたら, 簡単に言いますと, レーザー核融合というのは, 核融合としての実用になるだろうということと, もしほかの方法が実用に近いたしたら, それに対してどういう意味合いがあるのか

というようなことなんです.

**加藤** レーザー核融合は現在どういう状態かを説明致します. いま激光Ⅻ号で実験しているわけですが, 今年の 9 月の終わりに, 核融合反応による非常に高い中性子の発生に成功しました. この結果については新聞発表である程度御存じかと思いますが, 8 KJ のレーザーエネルギーを使い約  $1 \times 10^{19}$  個の中性子が発生しました. これはレーザーエネルギーに対して核融合エネルギーに直すと約 0.1% です.

次の段階としてはまず, サイエンティフィックブレイクイーブンという, レーザーエネルギーと同じだけの核融合エネルギーを出すということが必要です. これには 100 KJ クラスのレーザーがあればできるのではないかと試算されています.

実用的な発電炉を構成するには, レーザーエネルギーよりも少なくとも 100 倍, できれば数

百倍のエネルギーを核融合として取り出したいわけで、これには MJ クラスのレーザーが必要と予測されています。ですから、研究段階からいくと、まだ2ステップぐらいあります。

実際には、繰り返してエネルギーを取り出す必要がありますので、約 1 Hz ぐらいの繰り返しを要します。これはレーザーシステムにとっては非常にシビアな要求でして、ガラスレーザーでそこまでいくかということ、先ほどのコンポジットガラスでどこまで繰り返しを上げられるかというアプローチがあります。

それにかかわるものとして、たとえば KrF レーザーで高エネルギーレーザーをつくるという研究も進められています。この研究もゴールからみればまだ初歩的な研究段階だといえます。

そういう技術的な問題はいろいろありますが、基本的には、いまの研究段階において、既に核融合をコントロールして起こすことのできっているとわれわれは考えております。したがって、実際の実現という技術的な問題面からいろんなむずかしさというのはありますけれども、基本的な概念として、定量的な予測のもとに将来の方向を見通すことができるようになっていきます。家際には経済性が重要になりますが、そ

の辺になりますと、例えばガラスレーザーシステムをもっと安くつくるとか、ずいぶんいろいろと開発していかなければいけないことはたくさんあると思います。

磁場閉じ込め核融合に関しては、例えば JT-60 のデータ等もだんだん出始めてきております。レーザーフュージョンとの兼ね合いで言うと、JT-60 はブレークイーブンクラスの装置ですのでこれで非常にいいデータが出てくれば、大変喜ばしいことだと思います。

ただ、磁場閉じ込めの場合には、よく言われることですが、大きな磁石がプラズマの近くにありまので、これが放射化されるというような問題がございます。レーザー核融合の場合には、そういう放射化の問題が少ないという利点があります。したがって実際の炉システムということになりますと、非常に設計しやすいと考えられております。

**作花** どうもありがとうございます。

**司会** 御質問がなければ、これで第2回のニューガラスフォーラムのセミナーを終了させていただきます。

どうも長時間、皆さんありがとうございました。