


日立製作所の思い出

 株式会社 日立製作所



日立製作所

研究所の名称変更

横浜研究所→生産技術研究所→横浜研究所



横浜研究所

日立製作所 横浜研究所 生産技術研究所 (戸塚区 吉田町)



生産技術研究所



生産技術研究所

中棟



生産技術研究所 新棟



生産技術研究所

新棟



戸塚駅から柏尾川を臨む



戸塚駅



戸塚駅



戸塚駅



日立製作所 生産技術研究所(横浜研究所)



日立生研部課長懇親会 身延山参拝記念 於 久遠寺 S59. 8. 26







職場の仲間たち



英語研修





アメリカ 学会発表 於 ワシントンDC





学会 (ACS) 発表会場



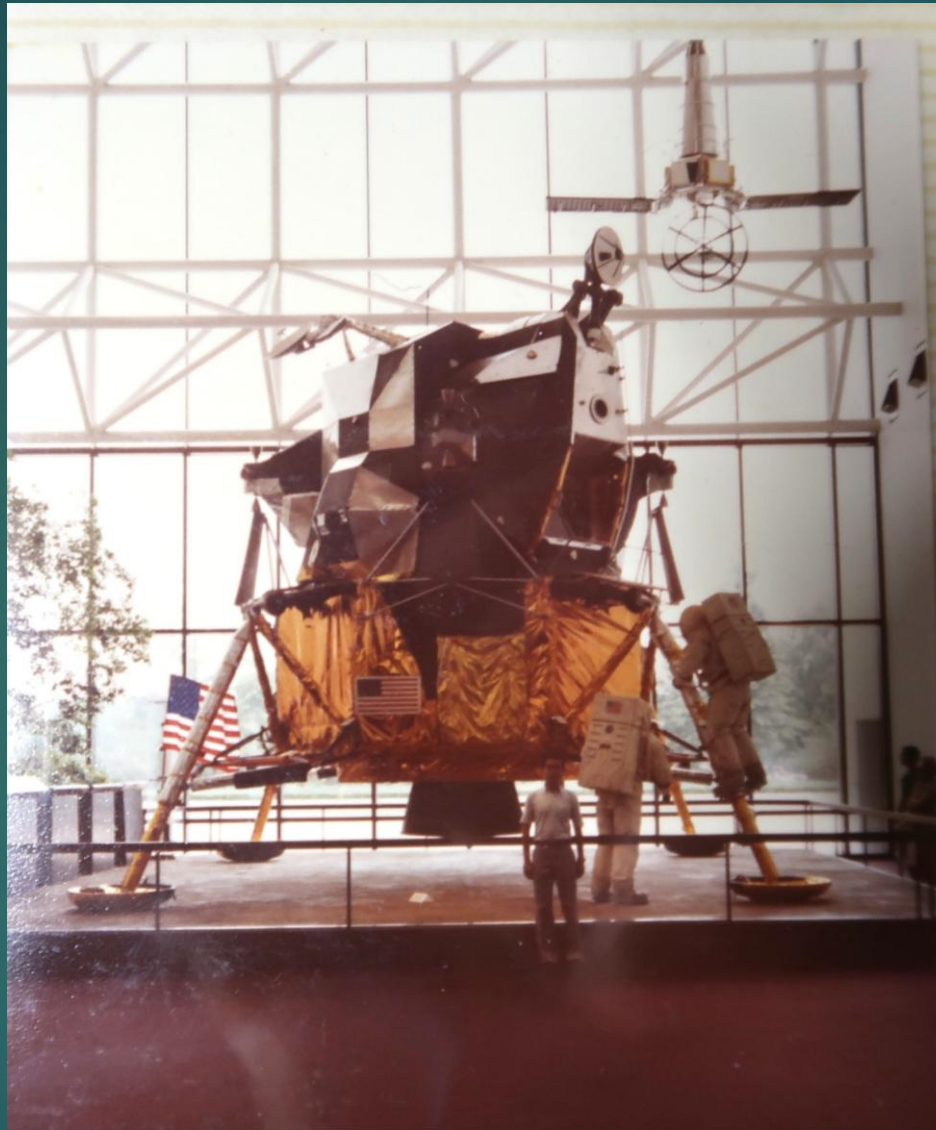
ワシントン 宿泊した巨大ホテル



ワシントン ホテルのロビー



ワシントン公園 遥かに国会議事堂



スミソニアン博物館 アポロ



ワシントン スミソニアン博物館



ワシントンモニュメント

ワシントン記念塔

Washington Monument



ワシントンモニュメントに上りました



リンカーンメモリアル



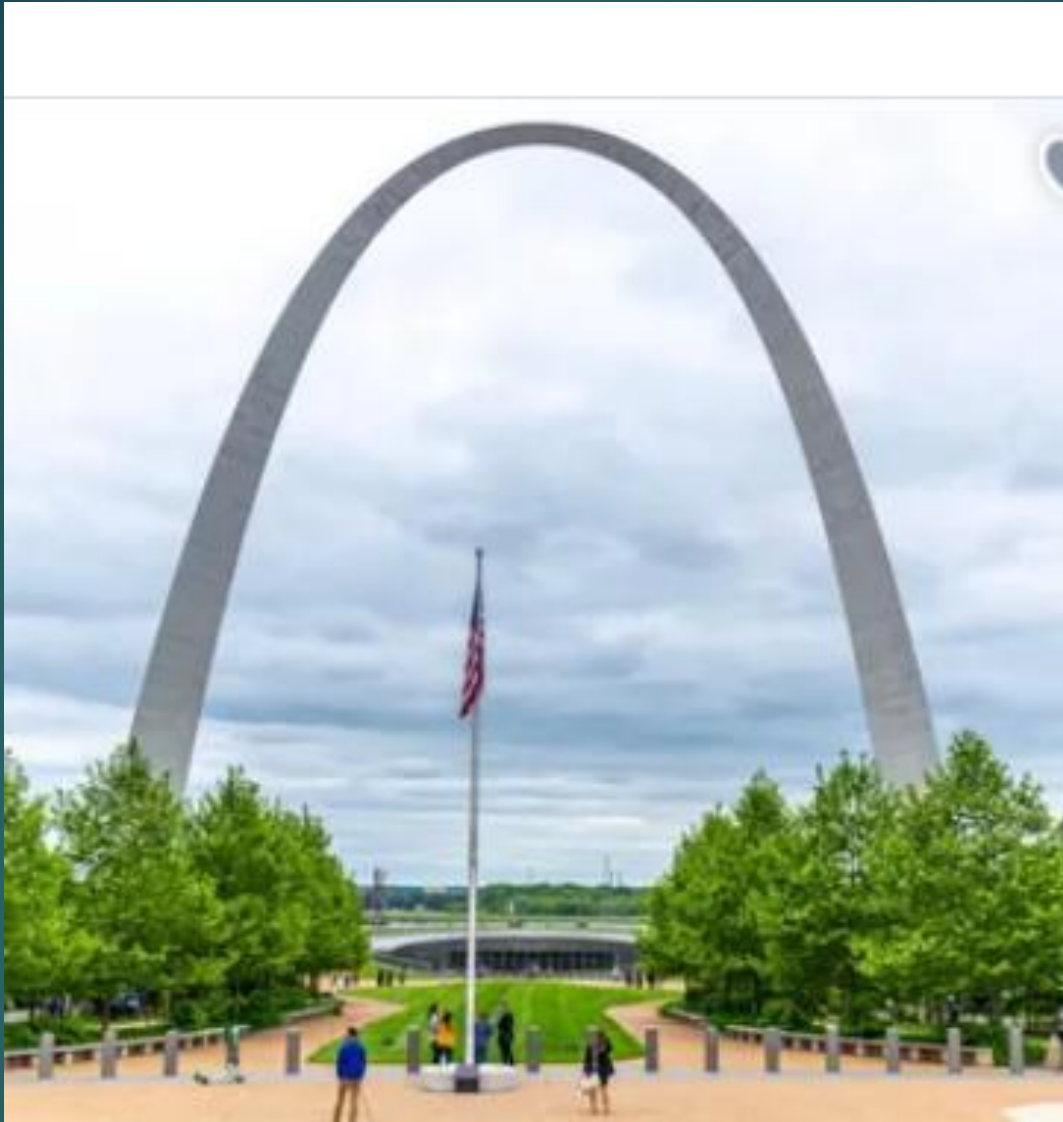
エンパイアステートビル



ゲートウェイアーチ

カーディナルス ブッシュ・スタジアム

セントルイス



セントルイス・アーチ



ゲートウェイアーチ千頂上展望台



ミシシッピ河 クルーズ



応用物理学会 学会発表 フラットディスプレイ

新しい R I M 技術の開発に成功

——高強度で断熱性に優れた

サンドイッチ構造体——

高性能材料と新プロセス技術

特殊なポリウレタン材料と、新しいプロセス技術の採用により、低密度でしかも高強度の断熱サンドイッチ構造体が、一工程で成形できる R I M (Reaction Injection Molding) 技術を他社に先駆けて開発した。この技術はすでにルームエアコン部品に適用されており、著しい生産性の向上を実現するとともに、製品の断熱性能と信頼性の向上に貢献している。今後、各種断熱部品への適用拡大が期待される。

ポリウレタン R I M は、発泡剤、触媒等を配合した主剤と硬化剤の二液を高圧衝突混合し、密閉された型内で発泡硬化するプラスチック発泡体の成形法であり、図に示すような高密度表皮(スキン層)をもったサンドイッチ構造体が一工程で成形できる特徴がある。

しかし R I M の実用化例はこれまで自動車のバンパーを中心とした高密度半硬質の分野に限られていた。低密度硬質 R I M 技術が発展しないのは、高強度でかつ硬化性、流動性に優れた材料がなかったこと、表面性状の良い成形品

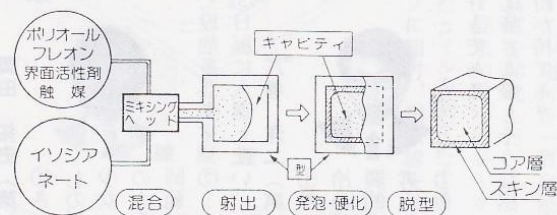
を得るためのプロセス技術が確立されていなかったためである。

これに対し当グループではポリウレタン発泡体のもつ優れた断熱性に着目し、低密度化 R I M の研究を行なった。この結果、高強度、高耐熱を与える素材と、流動性を低下せずに反応を促進できる触媒を用いた新材料を開発すると

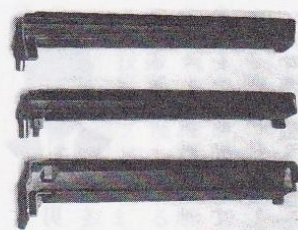
気機器用断熱構造体、および大型プラスチック部品への応用を推進中である。

——担当者のお話——

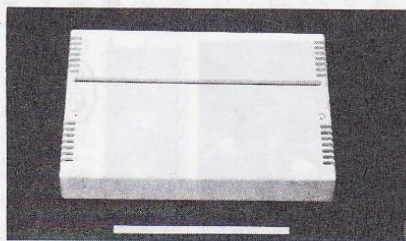
R I M はその成形原理のユニークさ故に、開発当初各方面から大いに注目された。しかし、いざ製品開発に取り組んでみると、解決すべき困難な課題が沢山あった。特に反



R I M の成形原理



ルームエアコン用断熱部品



電算機端末ハウジング

R I M 製品

ともに、成形プロセスを工夫することにより表面性状を向上する技術を確認した。得られた成形品は断熱性に優れており、強度は従来の R I M 材料に比べ飛躍的に高い値を示す。

この技術は、現在ルームエアコン用断熱部品に実用化中であり、上記部品の生産性向上、断熱性、信頼性の向上に貢献している。引き続き、各種電

応の促進とスキン層のボイドレス化はその両立が難しく、最後までその解決に手間取ったが材料、プロセスの両面から化学屋と機械屋が一体となって取り組むことにより解決することができた。今後は更に技術レベルの高い製品の開発に取り組む所存である。

(二・五 G 後藤、日良、都竹、葉谷、飯田、中村)

特称発令さる

兵藤氏、栗根氏参事に

昭和五七年度特称昇格が五
名の二日付で発令され、参事
名、参事補四名、副参事一
名の方が昇格された。

兵藤良博（第一部主管研究
員）

栗根 洋（第一部・一G
主任研究員）

池上 昭（第二部・三G
主任研究員）

松本義雄（開発部開二G主
任技師）

室岡秀保（加工技術センタ
工一G主任研究
員）

小村英和（信頼性センタ信
二G主任研究員）

参事

大成 尚（第一部・一G
研究員）

小泉光義（第一部・三G
研究員）

釣持秋広（第二部・一G
研究員）

中川宣雄（ ）

山口博司（ ）

藤田 毅（第二部・三G
研究員）

日良康夫（第二部・五G
研究員）

窪田仁志（開発部開一G技
師）

河野通長（開発部開二G技
師）

岡安宏真（開発部開三G技
師）

岩村亮二（加工技術センタ
工一G研究員）

落合雄二（加工技術センタ
工二G研究員）

中村孝雄（ ）

岸本宗久（信頼性センタ信
二G研究員）

佐藤了平（ ）

栃木憲治（信頼性センタ分
析G研究員）

佐伯良徳（試作課技術保主
任）



室岡氏



松本氏



池上氏



栗根氏



兵藤氏



山口氏



中川氏



釣持氏



小泉氏



大成氏



小村氏



岩村氏



岡安氏



河野氏



窪田氏



日良氏



藤田氏



佐伯氏



栃木氏



佐藤氏



岸本氏



中村氏



落合氏

六月一日（火）十三〇日 活性化分科会（「分科会」
（水）の一ヶ月間、CREA がそれぞれ、各種行事を左表
TE80s作戦第三回M1強調 の通り組んだ。

小集団活動報告会を開催

成物

- 岡 齋 (22研)
菊地 廣 (〃)
銅の表面処理剤
岡 齋 (22研)
永山 瞳 (信2研)
ウエハ位置決め装置
池田 稔 (31研)

事業所技術賞

◇一等

- ▽高機能組立ロボット技術
杉本浩一 (13研)
毛利峻治 (〃)
荒川信一 (〃)
坂上志之 (〃)
的場秀彰 (〃)
磯部光庸 (14研)
二宮隆典 (34研)
広井高志 (〃)
赤岩正康 (開1設)
▽大容量メモリ試験設備の開
発

- 青木信彦 (信3研)
今井啓二 (〃)
堀野 寛 (〃)
川口郁夫 (〃)
新居崎信也 (〃)
笠井重徳 (〃)
山口和夫 (〃)
林 良彦 (〃)
山村英穂 (〃)
▽超精密光学部品計測及び加
工技術の開発
押田良忠 (31研)
芝 正孝 (〃)
牧平 坦 (34研)
能戸幸一 (工3研)
川合恒男 (〃)
▽RIM技術の軽量断熱構造
体への適用・実用化
後藤昌生 (工1研)
日良康夫 (〃)
葉谷研一 (〃)
飯田 誠 (〃)
中村省三 (〃)
都竹 進 (23研)
横野 中 (信2研)

◇二等

- ▽高速高感度レーザラマン分
析装置の開発
栃木憲治 (24研)
平野ゆかり (〃)
平塚 豊 (〃)
▽レチクル異物検出技術
芝 正孝 (31研)

- 宇都幸雄 (31研)
▽高密度多層セラミック基板
用メッキプロセスの開発
宮沢 修 (信2研)
富沢 明 (〃)
岡 齋 (22研)
▽コンピュータ用光ディスク
転写技術
奥平弘明 (22研)
田中 勇 (〃)
渡部真貴雄 (〃)
岡 齋 (〃)
小林敏男 (〃)
須藤亮一 (〃)
三輪広明 (〃)
横野 中 (信2研)

- ▽半導体シリコンウエハ精密
加工技術
藤沢政泰 (工3研)
中村孝雄 (〃)
赤松 潔 (〃)
於久常雄 (〃)

- ▽プリント基板部品挿入機
(HISERT III・IV)の
開発
村井利彰 (開2設)
川名 武 (12研)
浅野敏郎 (14研)
前田俊二 (34研)

◇三等

- ▽NC複合加工機における異
種部品連続生産方式
田中 昇 (11研)
土屋 昇 (〃)
▽8ミリビデオ標準テープ作
成機
大橋敏二郎 (12研)
矢野 健 (開2設)

- ▽原子炉一次冷却用水用導電率
計測装置の開発
平塚 豊 (24研)
岡本 明 (〃)

- ▽ウエットエッチ終点検出技
術とその装置
森 佳治 (21研)
大島良正 (34研)

- ▽ウエハ平坦化および平坦度
検出技術
見坊行雄 (31研)
中川泰夫 (34研)
吉村和士 (〃)
牧平 坦 (〃)

- ▽ペレット外観自動検査装置
の開発
浜田利満 (34研)
牧平 坦 (〃)

- ▽900MH&小形厚膜VC
Oの開発
川本和民 (信1研)
新居崎信也 (信3研)
▽高対熱ICパッケージと局
所加熱法の開発
佐々木繁 (信1研)
芹沢弘二 (〃)
坂口 勝 (〃)
大島宗夫 (〃)
村田 晃 (〃)

- ▽高速ワイヤ放電加工技術の
開発
鈴木靖夫 (工3研)

- ▽VTR磁気ヘッドコア巻線
機の開発
山口泰広 (32研)
鈴木高道 (企画室)
藤井 輝 (開2設)
矢野 清 (開1設)
川名 武 (12研)

- ▽フレキシブル巻線要素技
術
和才清隆 (開1設)
川名 武 (12研)
齊藤 裕 (32研)
小川恒雄 (〃)
西 隆之 (組合)

事業所ノウハウ賞

◇ノウ・ハウ賞

- ▽電子機器用基板のはんだ付
組立に関するノウ・ハウ
本田美智晴 (信1研)
佐藤 勲 (〃)

事業所事務賞

◇二等

- ▽M-180導入と運営体制
の確立
秋元文之 (技術計算室)
高木英寿 (〃)
南雲庄司 (〃)
渡部謙三 (〃)
新田峰子 (〃)

◇三等

- ▽試作課業務の機械化
横塚浩一 (試作課)
岩田俊雄 (〃)
兼平清光 (〃)
稲垣 晃 (31研)
▽研究者の能力向上策
三谷正男 (企画室)
武田健二 (11研)
枝村孝夫 (24研)
相内 進 (32研)

- 金田愛三 (工1研)
矢野 健 (開2設)
高須捷彦 (総務課)
石平和雄 (〃)
渡辺 真 (技師長)

奨励賞

- ▽画像処理ソフトウェアモジ
ュールの蓄積と活用
二宮隆典 (34研)
伏見 智 (〃)
吉村和士 (〃)
広井高志 (〃)
齊藤哲谷 (〃)
一ノ瀬敏彰 (〃)
浜田利満 (〃)
シャロット・リン
(34研)
中川泰夫 (〃)

M1運動関係

小集団活動表彰

◇優秀賞

- チム
中島良雄 (企画室)
リダ
松山治彦 (23研)
藤田保宏 (開1設)

◇努力賞

- チム
荒井良尚 (11研)
リダ
江口欣也 (24研)
浜田利満 (34研)
佐々木繁 (信1研)
前田幸男 (工3研)
岩田俊雄 (試作課)
田中大志朗 (総務課)

◇優秀展示賞

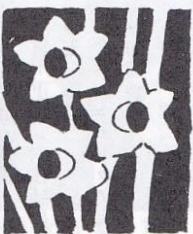
- チム
松山治彦 (23研)
リダ
中村省三 (工1研)
漆原 武 (開2設)

安全衛生関係

◇優秀賞

工2研

- ◇努力賞
22研
信4研
試作課



日本材料学会 「技術賞」を受賞



飯田 誠氏



後藤 昌生氏



横野 中氏



日良 康夫氏



藁谷 研一氏

昭和六 日本材料学会
「技術賞」として、加工技術
センタ後藤昌生主任研究員、
飯田誠研究員、藁谷研一研究
員、日良康夫主任研究員、信
頼性センタ横野中主管研究員
の各氏が、委託研究を通じて
御指導を頂いた金沢工業大学
材料システム研究所所長宮野
靖教授と共に授賞された。
この賞は、毎年材料技術に

関し、工学的・工業技術的に
貢献度の高い技術に対して贈
られるものである。

授賞対象技術は、「高強度・
高耐熱硬質ポリウレタンの反
応射出成形技術の開発と低密
度発泡構造体への適用」と題
するものである。

この技術においては、反応
射出成形、いわゆるRIMに
よる低密度発泡構造体につい
て、その特性に関する理論の
展開と詳細な基礎実験に基づ
き、最適な力学特性を付与す
るための構造設計指針ならび

に、素材に関する分子設計指
針の構築と新たな材料開発を
行い、それらを総合して量産
のための成形プロセスの開発
に成功したものである。

この技術は、軽量・断熱構
造体の新しい応用分野を開く
ものとして斯界に貢献すると
ころが大であると評価され、今
回の授賞に至ったものである。

なお、本技術は、のエ
アコン用断熱構造体、
の端末用ハウジングに実用さ
れており、社外にも旭硝子(株)
等三社に技術供与されている。

特許講演会を開催

―本田技研の創造的研究開発―

六月八日(木)、(マイ研)棟
7階の大会議室において、本
田技術研究所和光研究センタ
の古川主任研究員をお迎えし

講演会を開催した。ご講演題
目は「ホンダに於ける研究開
発システム―ホンダ・プレリ
ード4WSシステムの開発―」



である。本田技研
は活力あふれるユ
ニークな会社とし
て有名であり、そ
の技術開発力は高
く評価されている。
そこで、そのシス
テムから生まれた
プレリウドに搭
載されている4W
システムの研究

か 発 コ 一 と I M い I M と 日 与 いた 事 地生 にも さい は特 いほ とが 回の が、 そう ジネ べき コメ

やる

只、参事補六名

研究員)
稲垣 晃 (第三部31研究室
研究員)
佐野秀造 (第三部32研究室
研究員)

2003

9

No. 247



2003年所長方針
グローバル企業をめざした
世界一の超モノづくり技術の追及

液晶表示装置用バックライト光学設計技術を開発 — i-engineering を通じた技術外販に展開中 —

液晶表示装置用バックライトの3次元光学シミュレータを開発し、試作前に輝度分布最適化を行うことにより開発期間の短縮を可能とした。本技術は、(株)立DDにおいて量産適用し、さらにi-engineeringを通じた外販を行っている。

液晶表示素子は、自らは発光せず偏光を利用した光シャッター効果により画像を表示する。ノートPC等の高度な画質が要求される製品では、バックライト内蔵の透過形液晶表示装置が用いられている。液晶表示装置の高輝度化、広視野角化、高コントラスト化を実現するため光源であるバックライトの高輝度化に対する要求が高まっている。

これに対して(株)立DDでは、1998年より従来の印刷ドットを形成した方式に比較して、輝度を30%程度向上させることが可能なマイクロドット式(スタンパ式)バックライトを製品化し、高輝度化の要求に対応した。(株)立DDでは、光学設計とスタンパ加工を担当し開発に貢献した。マイクロドット方式は輝度が高いだけでなく、インクを用いないことから量産コスト削減やリサイクル性向上などの効果もあり、現在広く使われるようになっていく。

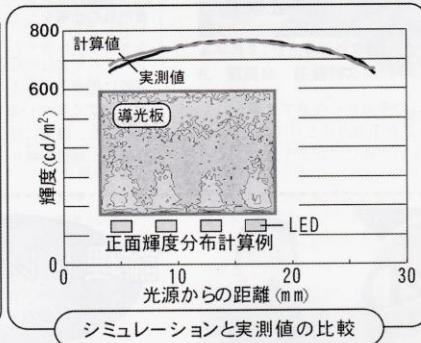
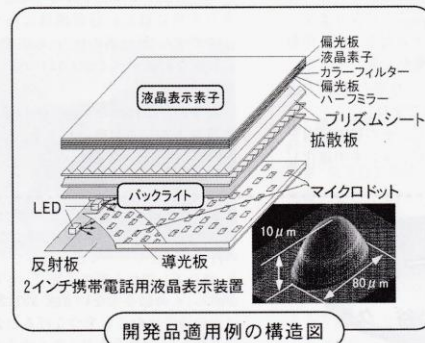
バックライトの開発過程においては、多数の試作を行い輝度分布の最適化を行っていた。しかし、多品種生産や製品投入サイクル短縮等の要求から、開発期間短縮が重要となり、試作前の輝度分布最適化を可能とするシミュレータを(株)立DDで開発した。本シミュレータは、光源特性、導光板形状、光反射用ドット密度分布(ホトマスク作成用のマイクロドット配列CADと連動)、プリズムシート等の周辺部材を入力設定し、モンテカルロ法を併用した光線追跡法によりバックライト全体のシミュレーションを行わせる事が可能である。シミュレーション結果は、5%程度の誤差で実測値と一致しておりシミュレータの有効性を確認した。

既存の光学シミュレータは、レンズ系や照明系などの計算を行う目的で開発されており、バックライトのシミュレーションは困難

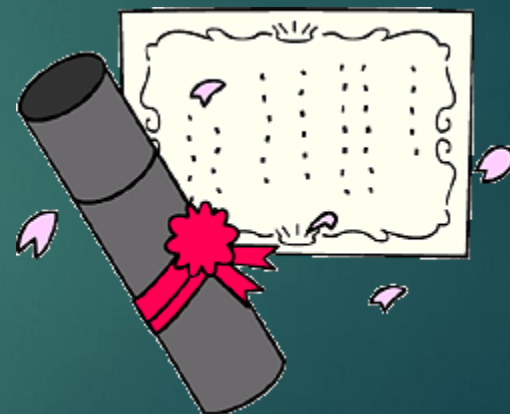


▲開発担当者：左から日良氏、谷口氏

である。本シミュレータは、実際にバックライト開発を行った経験にもとづいた実用的な設計ツールとなっている。(株)立DDなどの関連会社3社においてノートPC、携帯電話の液晶表示装置用バックライトの設計に利用されている。また、依頼元である(株)立DD、(株)立DDと共同で日立製作所外販窓口であるi-engineeringを通じて、バックライト設計ツールとして外販中であり、既に数社に導入されている。



表彰盾

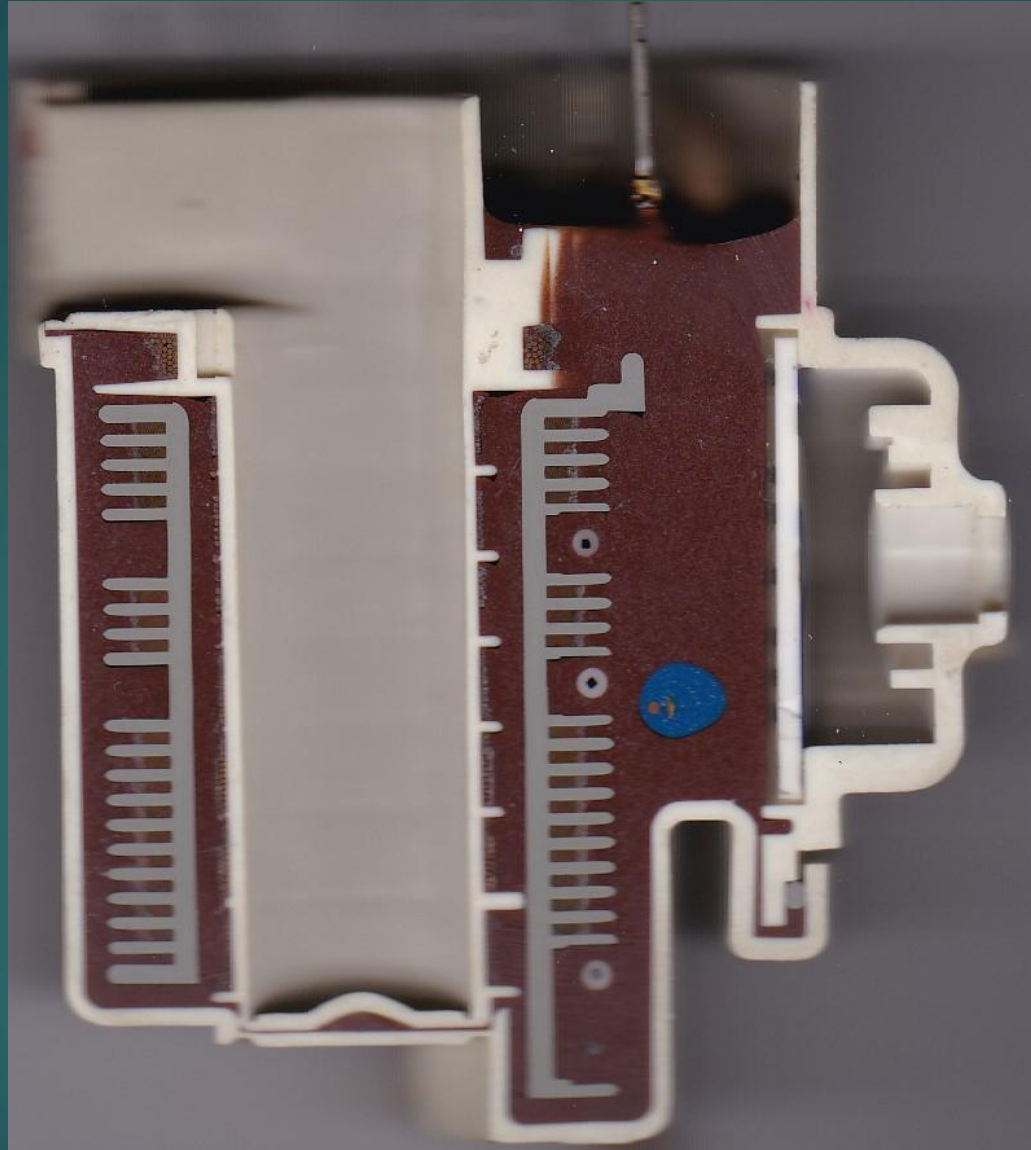


特許賞 の盾



カラーTV フライバックトランスの製造方法

50 mm



カラーTV フライバックトランスの断面

特許賞 の盾



薄膜磁気ヘッドの製造方法

学会賞 の盾



リアクションインジェクション技術

おしまい

投稿論文

低損失 As-S 薄膜光導波路の形成とマイクロ グレーティングへの応用

日良 康夫・佐藤 秀己・金田 愛三

「光学」 第16巻 第11号 (1987) 別刷

研 究

低損失 As-S 薄膜光導波路の形成とマイクロ
グレーティングへの応用

日良 康夫・佐藤 秀己・金田 愛三

(株)日立製作所生産技術研究所 〒244 横浜市戸塚区吉田町 292

(1987年2月10日受理)

Preparation of the Low Loss As-S Thin Film Waveguides
and Its Application to Micrograting

Yasuo HIRA, Hidemi SATO and Aizo KANEDA

Production Engineering Research Laboratory, Hitachi, Ltd.,
292, Yoshida, Totsuka-ku, Yokohama 244

The preparation of low loss As-S glass thin film waveguides and its application to the micrograting fabricated by electron beam-induced refractive index change are presented. It is observed the compositions of evaporated As-S films are poorer about 8 mol% in arsenic than the bulk glasses. Low loss waveguides are obtained by evaporation of As-S bulk glass whose content of sulfur are higher than the stoichiometric composition i.e. As_2S_3 . The films which content of sulfur are less than As_2S_3 indicate large propagation loss, on account of light scattering by heterogeneous components, As_4S_4 , As , As_2O_3 produced in the films during evaporation. The richer sulfur content of the film, the larger refractive index increments due to electron beam irradiation are obtained. The micrograting fabricated by electron beam direct writing exhibited high diffraction efficiency of about 80%, and the diffraction angle agreed with the theoretical value, 15 deg.

1. ま え が き

カルコゲナイドガラス薄膜に電子線あるいは、吸収端近傍の波長のレーザー光を照射することにより生じるアモルファス構造の変化は、光学特性とくに屈折率の変化を伴うため、これを利用した導波路型光学素子の検討がなされている¹⁻⁴⁾。とくに電子ビーム直接描画法による屈折率分布型光学素子の形成法は、機械加工、ホトリソグラフィ法、あるいはイオン交換法による光学素子の形成法に比較して、製造プロセスが簡単でしかも微細なパターンが得られることから、グレーティング⁵⁻⁷⁾、導波路型レンズ⁸⁾等への応用が検討されている。

カルコゲナイドガラスのうち As_2S_3 は、光吸収端波長が約 600 nm と短波長であり、1 μm 以上の光に対する透過率が高いことから光通信デバイスに用いる光導波路材料として優れている。しかし As_2S_3 は真空蒸着

時に生成する As-S クラスターが再結合し、 As_4S_4 , S などの不均一成分が生成しやすく、低損失の光導波路が得られにくいという欠点がある。

本研究では、As と S の組成比の異なる As-S バルクガラスを蒸着源として硫化ヒ素薄膜を形成し、均一性、光透過性に優れた光導波路が得られる条件を検討するとともに、電子ビーム照射による屈折率変化を定量化し、これに基づいて反射型マイクログレーティングの試作を行なった。この結果、化学量論組成すなわち、 As_2S_3 に比較して S 含有率を大にすることにより均一性、光透過性に優れた光導波路が得られることを明らかにした。また上記薄膜に電子ビーム直接描画法で形成した格子間隔 1.0 μm のグレーティングに He-Ne レーザー光 ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$) を入射したところ、理論値通りの回折角となり、高効率のマイクログレーティングの形成が確認された。

2. 試料の作製および実験方法

2.1 As-S バルクガラスおよび薄膜の作製

As-S ガラス (4 種) は高純度 As (5N) と S (5N) を所定のモル比 (As: 2 に対して, S: 2.8, 3.0, 3.3, 3.56) に秤量し, バイレックスのアンプルに 6×10^{-4} Pa の真空度で封入し, 650°C で 10 時間溶融攪拌させた後, アンプルを水冷することにより得た。このインゴットは, $As_2S_{2.8}$ および $As_2S_{3.0}$ が赤色透明, $As_2S_{3.3}$ と $As_2S_{3.56}$ が淡褐色透明であり, 全体が均一なガラスであることを X 線回折がハローパターンのみしか示さないこと, 破断面がガラス状であることより確認した。

As-S ガラス薄膜光導波路は, 0.5 μ m 厚の熱酸化膜 (SiO_2) のクラッド層を形成した Si 基板の上に, 上記 4 種の As-S バルクガラスを蒸着源とし, 抵抗加熱方式の真空蒸着装置を用いて形成した。条件はいずれも真空度 3×10^{-3} Pa, 蒸着速度 1.5 nm/s, 基板温度 30~40°C で行なった。

2.2 As-S 薄膜の分析方法

As-S ガラス薄膜の As と S の組成比は, EDAX (energy dispersive analysis of X rays, Philips, EDAX 707 B) を用いて測定した。組成を定量化するに当たり, 標準試料として As_4S_4 , $As_2S_{2.8}$, $As_2S_{3.0}$, $As_2S_{3.3}$, $As_2S_{3.56}$ および $As_2S_{3.0}$ のバルクガラスを用いた。As は X 線エネルギー 1.282 keV の $L\alpha$ 線, S は 2.307 keV の $K\alpha$ 線に着目し, 上記特性 X 線の強度比 ($S_{K\alpha}/As_{L\alpha}$) と S/As 元素の重量濃度の関係を検討した。 $S_{K\alpha}/As_{L\alpha}$ と S/As 重量濃度は $As_2S_{2.8}$ で直線関係にあり, 得られた薄膜の $S_{K\alpha}/As_{L\alpha}$ 測定値より As と S の組成比を求めた。

薄膜中の不純物, 不均一成分に關しては, レーザーラマン分光分析装置 (試作装置, レーザー光: 676.4 nm (Kr^+), 出力: 40 mW, 後方散乱配置), X 線回折装置 (Philips, victron 660, PW-1050/1390 型, 40 kV) を用いて分析した。

2.3 電子ビーム照射法

ベクタースキャン方式の電子ビーム描画装置 (エリオニクス, ERE 301 型) を用いた。照射条件は, 加速電圧 15 kV, 電子線電流 1×10^{-9} A, 電子ビーム径 0.25 μ m 照射電荷量 $7 \times 10^{-4} \sim 7 \times 10^{-3}$ C/cm² とした。

3. 結果および検討

3.1 成膜時の組成変化と得られた薄膜の光透過性

As と S の組成比が異なる 4 種の As-S バルクガラスを用いて真空蒸着法により光導波路を形成した。原料

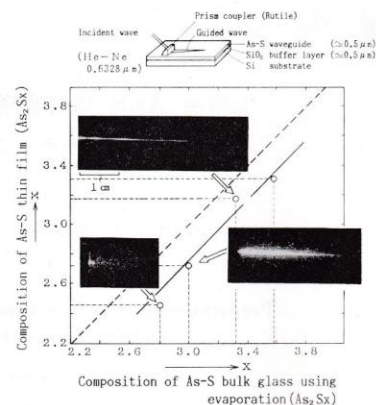


Fig. 1 Relationship between the composition of bulk glass and evaporated thin films for As-S.

組成と得られた薄膜の組成の関係を Fig. 1 に示す。両者はほぼ直線関係にあり, S 含有率の大きな As-S ガラスを用いるほど得られた薄膜の S 含有率も大となる。ただし薄膜の As と S の組成比と, 原料ガラスの組成比間でかなりのずれがあり, 薄膜組成のほうが原料ガラスの組成よりもいずれの場合もモル比で約 8% S 含有率が小さい。

蒸着時の組成変化に関する検討結果は次節で詳しく述べる。

得られた As-S 薄膜にプリズム (ルチル) カップリング法により He-Ne レーザー光 ($\lambda=0.6328 \mu$ m TE₀ モード) を導波し, 光透過性を検討した。Fig. 1 に示した導波路の写真において, ストリークが長くのびている膜ほど均一性, 光透過性の良い導波路である。蒸着膜 (1) (組成: $As_2S_{3.48}$) のように As 含有率の高い膜の場合, プリズムでのカップリング効率が低く, また導波された光の散乱が多く伝播損失はきわめて大きい。これに対して S 含有率の大きな膜は散乱が少なく光透過性が良く, とくに硫化ヒ素ガラスの化学量論組成である As_2S_3 より S 含有率の高い蒸着膜 (3) (4) (組成: $As_2S_{3.17}$, $As_2S_{3.32}$) は, いずれも良好な光透過性を示した。

Fig. 2 は光学ギャップ近傍の吸収係数 α を示したものである。光学ギャップは, S 含有率の高い膜ほど大きく, 薄膜 (1) (2) (3) (4) はそれぞれ 2.27, 2.32, 2.38, 2.42 eV であった。

プリズムカップリング法により導波した光の伝播距離

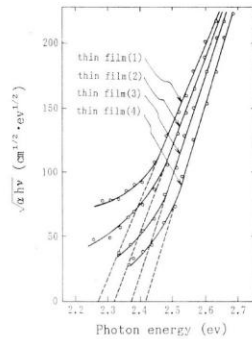


Fig. 2 Optical absorption coefficient vs photon energy of amorphous As-S thin films.

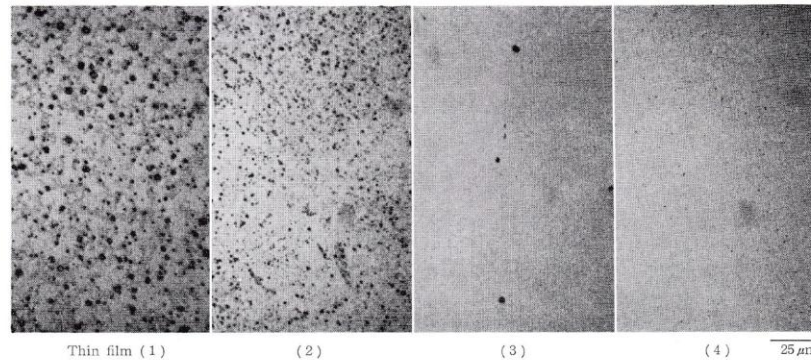
に対するストリーク光の減衰を測定することにより、伝播損失を測定した結果、蒸着膜(3)(4)はそれぞれ 3.5, 3.0 dB/cm、蒸着膜(2) (組成: $\text{As}_{52}\text{S}_{47.72}$) は約 10 dB/cm、蒸着膜(1) (組成: $\text{As}_{52}\text{S}_{47.48}$) は 20 dB/cm 以上であった。ここで $\text{As}_{52}\text{S}_{48}$ バルクガラスの伝播損失は、吸収係数の測定値 ($\alpha=0.56$) から算出すると 2.4 dB/cm である。今回得られた薄膜は、いずれもこれに大きな伝播損失であるが、S 含有率を高くすることにより (蒸着膜

(3)(4)) バルクガラスに近い低損失の光導波路が得られることがわかった。

3.2 As-S 蒸着膜の光透過性低下原因

Fig. 3 に As-S 蒸着膜の光学顕微鏡写真を示した。薄膜中には不均一成分の生成がみられ、その量は As 含有率の高い膜ほど多い。黒色グレインの数は、蒸着膜(1)の場合約 20,000 個/ mm^2 であるのに対し、蒸着膜(4)の場合 200 個/ mm^2 程度である。黒色グレインの周囲に針状結晶がみられた (Fig. 6)。伝播損失と薄膜の不均一性とはよく対応しており、不均一な膜ほど伝播損失が大きい。

Fig. 4 に蒸着膜とバルクガラスの X 線回折パターンを示した。 $\text{As}_{52}\text{S}_{48}$, $\text{As}_{52}\text{S}_{48}$ バルクガラスの回折パターンは、アモルファス構造に起因するハローパターン (ピーク値, $2\theta \approx 18^\circ, 32^\circ$) のみである。これに対して S 含有率の低い蒸着膜(1)(2)の場合、上記ハローパターン以外に As_2O_3 ($2\theta \approx 13.8^\circ, 27.8^\circ$), As ($2\theta \approx 33^\circ$), As_4S_4 ($2\theta \approx 13^\circ, 15 \sim 23^\circ, 27 \sim 40^\circ$) に対応する回折ピークがみられ、これらの結晶が薄膜の不均一成分を形成していると考えられる。一方蒸着膜(3), (4)のように S 含有率の高い膜の場合、 As_2O_3 は存在するものの As および As_4S_4 に起因する回折ピークは検出されず、薄膜中の結晶の量は少ない。



	Thin film			
	(1)	(2)	(3)	(4)
Composition of film	$\text{As}_{52}\text{S}_{47.48}$	$\text{As}_{52}\text{S}_{47.72}$	$\text{As}_{52}\text{S}_{47.17}$	$\text{As}_{52}\text{S}_{47.32}$
Composition of bulk glass using evaporation	$\text{As}_{52}\text{S}_{48}$	$\text{As}_{52}\text{S}_{48}$	$\text{As}_{52}\text{S}_{48}$	$\text{As}_{52}\text{S}_{48}$

Fig. 3 Optical micrographs of As-S thin films.

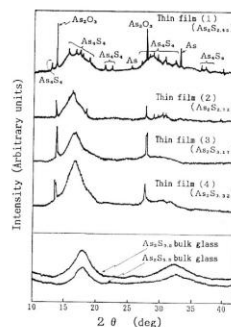


Fig. 4 X-ray diffraction profiles of evaporated As-S thin films and bulk glass (Cu K α).

Fig. 5, 6 は薄膜および As_2S_3 , As_2S_5 , As_4S_6 のラマンスペクトルを示したものである。 As_2S_3 バルクガラスの場合, $340, 485 \text{ cm}^{-1}$ 付近に As-S ボンドに対応するブロードなピークがみられるのみである⁹⁾のに対し, 蒸着膜の場合, $100 \sim 250 \text{ cm}^{-1}$ に鋭いピーク群がみられた。これらのピークのうち 230 cm^{-1} 付近の二つのピークは As-As ボンドに対応すること¹⁰⁾, また As_4S_6 のスペクトルと蒸着膜(1)(2)のスペクトルがよく一致することから, 不均一成分中には As_4S_6 が存在していることが

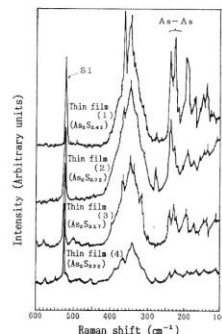


Fig. 5 Raman spectra of evaporated As-S thin films on Si substrate.

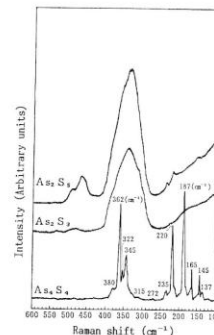
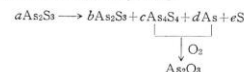


Fig. 6 Raman spectra of As-S bulk glass and crystal.

わかる。

Fig. 7 は As_2S_3 バルクガラスを真空蒸着したときの構造変化のモデルを示したものである。化学量論組成の As_2S_3 ガラスは, As-S 共有結合により結ばれており, これが 12 員環を構成している¹¹⁾。蒸着時に, As-S 結合が切断し, $-\text{As}\cdot$, $\cdot\text{S}\cdot$ といったダングリングボンドをもった As-S_3 クラスターが生成し, これが再結合する過程でその一部が As_4S_6 結晶あるいは As 結晶となり, 上記 As-S ネットワーク中に不均一成分として残留するものと考えられる。Fig. 7 の顕微鏡写真は As_2S_3 薄膜中のグレインの拡大写真であり, As-S ネットワーク中に As_4S_6 結晶あるいは As 結晶が存在し, これを核として成長したとみられる針状結晶が観察される。この針状結晶は X 線回折の結果から考えて, 蒸着膜を大気中に取り出したときに As_4S_6 または As が酸化してできた As_2O_3 と考えられる。これらのことを化学反応式にまとめると次のようになる。



なおこのうち S は, 蒸着後の含有率が蒸着源より小であることから, 蒸気圧が高いために再蒸発し, 排気系に放出されるものと推定している。

以上述べたように As-S ガラスを蒸着した場合, 薄膜中にある As あるいは As_4S_6 等の As リッチな結晶あるいはその酸化物が生成し, これらの不均一成分が光導波路の伝播損失を増大させる原因となっているものと考

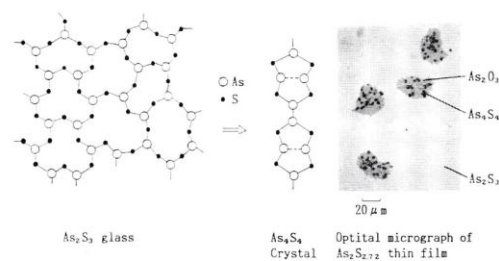


Fig. 7 Illustrative model of compositional change for As_2S_3 during evaporation.

えられる。これに対して低損失の As-S 薄膜を得るには、蒸着源として化学量論組成よりも S 含有率の高いガラスを用いて結晶生成の原因となる As-S 結合の生成を抑制することが有効であることがわかった。

3.3 電子ビーム照射による As-S 薄膜の屈折率変化
タリステップにより求めた膜厚と、マイケルソン干渉顕微鏡を用いて、伝播損失の比較的小な蒸着膜 (2) (3) (4) の屈折率 n_0 および電子ビーム照射に伴う屈折率上昇 Δn を測定した。測定波長は $0.5461 \mu\text{m}$ である。 n_0 は $\text{As}_2\text{S}_{3.72}$: 2.84, $\text{As}_2\text{S}_{3.17}$: 2.72, $\text{As}_2\text{S}_{3.32}$: 2.68 であった。Fig. 8 は干渉顕微鏡写真の一例であり、干渉縞のずれは電子ビーム照射に伴う屈折率上昇によるものである。

As-S 薄膜に電子ビーム照射したときの電子の飛程 R

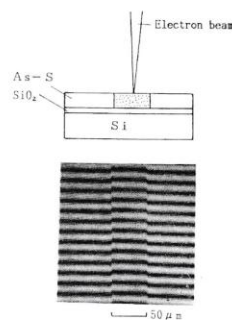


Fig. 8 An example of the observed fringe pattern. The displacement of the fringes shows the refractive-index increment by electron-beam irradiation.

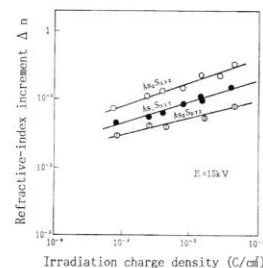


Fig. 9 Refractive-index increment irradiation charge density (Thickness of As-S thin films: $1.5 \mu\text{m}$).

と加速電圧 E の関係は、次式のようなことが報告されている⁹⁾。

$$R = 0.021 \times E^{1.6} \mu\text{m} \quad (3 \leq E \leq 25 \text{ kV}, \rho = 3.2)$$

Fig. 9 は膜厚 $1.5 \mu\text{m}$ の薄膜に $E=15 \text{ kV}$ で電子ビームを照射したときの照射電荷量 Q と Δn の関係を示したものである。 $E=15 \text{ kV}$ のときの R は約 $1.6 \mu\text{m}$ であり、Fig. 9 の結果は、 R とはほぼ等しい膜厚の結果である。 Q が大であるほど Δn は大となり、両者の関係は両対数プロットで直線関係にある。膜の組成により Δn は異なり、S 含有率が大である膜ほど大きな屈折率上昇がみられた。

Fig. 10 は、 $E=15 \text{ kV}$, $Q=1.7 \times 10^{-2} \text{ C/cm}^2$ における Δn の膜厚依存性を示したものである。いずれの膜も、電子の飛程以下の膜厚では、 Δn はほぼ一定値となり、これ以上の膜厚になると Δn は減少する。これは飛程以上の場合膜の表層部のみが屈折率上昇し、これが平均化されるためと考えられる。Fig. 10 の結果を概観ら

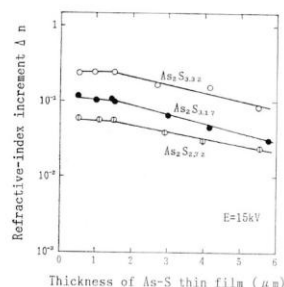


Fig. 10 Refractive-index increment vs thickness of As-S thin films (Irradiation charge density: $1.7 \times 10^{-2} \text{ C/cm}^2$).

が報告している結果⁵⁾ (膜厚 $5.8 \mu\text{m}$, $E=15 \text{ kV}$, $Q=1.7 \times 10^{-2} \text{ C/cm}^2$) と比較すると, $\text{As}_2\text{S}_{3.22}$ ではこれと同程度, $\text{As}_2\text{S}_{3.17}$ は 1.5 倍, $\text{As}_2\text{S}_{3.32}$ の場合約 3.5 倍の屈折率上昇となる。

屈折率上昇のメカニズムの詳細は不明であるが, (1) 電子ビーム照射に伴い光吸収端がレッドシフトすること, (2) 新たな結晶化は起こっていないこと, また (3) 180°C , 3 時間程度のアニールにより Δn は著しく減少すること, (4) 上記アニールによって屈折率の上昇およびレッドシフトが認められること, (5) アニール後の膜に電子ビームを照射した場合, Δn はきわめて小となることなどから考えて, 電子ビーム照射はアニールと同等であり, Δn は局所的なアニールに伴うアモルファス状

態の構造変化によるものと考えている。

3.4 マイクログレーティングの試作結果

カルコゲナイドガラス導波路に電子ビームを照射し, 屈折率を周期的に変化させた屈折率変調型マイクログレーティングの形態には, 透過型と反射型がある。Fig. 11 は上記グレーティングのモデルおよび As-S 薄膜に形成したグレーティングの干渉顕微鏡写真を示したものである。高回折効率のマイクログレーティングの設計は, Kogelnick の 2 波結合論¹²⁾により行なうことができ, ブラッグ条件下で回折効率 (η) は近似的に (1), (2) 式を用いて表わすことができる。ブラッグ角 (θ_B) はそれぞれ (3), (4) 式となる。ここで (イ) 入射波, 回折波はシングルモード (TE_0 波) の平面波, (ロ) グレーティングの厚さ (T) は格子間隔 (Λ) に比べて十分大きい ($2\pi\lambda T/n_0\Lambda^2 \gg 1$), (ハ) 導波路は無損失でかつ電子ビーム照射による吸光係数の変化はない, (ニ) グレーティングの幅 (L) は入射ビーム幅 (W) に比較して十分大きいとした。

$$\eta = \sin^2(\pi \Delta n T / 2\lambda \cos \theta_B) \quad (\text{透過型}) \quad (1)$$

$$\eta = \tan^2 h(\pi \Delta n T / 2\lambda \cos \theta_B) \quad (\text{反射型}) \quad (2)$$

$$\theta_B = \sin^{-1} \{ \lambda / 2\Lambda (n_0 + \Delta n / 2) \} \quad (\text{透過型}) \quad (3)$$

$$\theta_B = \cos^{-1} \{ \lambda / 2\Lambda (n_0 + \Delta n / 2) \} \quad (\text{反射型}) \quad (4)$$

n_0 : 導波路の実効屈折率, Δn : 屈折率変化, λ : 導波光の真空中の波長

As-S 薄膜の屈折率変化は電子ビーム照射によるものである, その分布はガウシアンと考えられるが, 計算式を簡単にするため, 正弦波的に変化しているものと

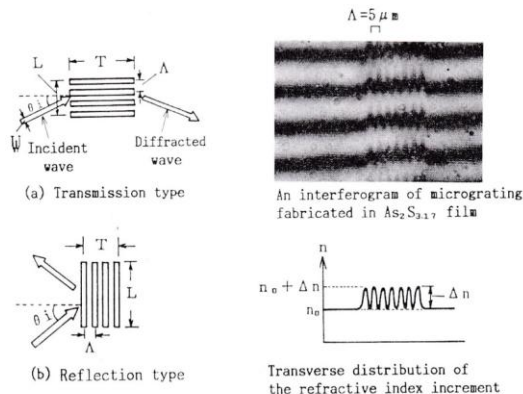


Fig. 11 Schematic models of micrograting.

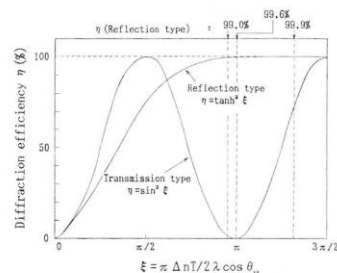


Fig. 12 Diffraction efficiency of reflection transmission type microgratings.

し(5)式で表わした。

$$n(x) = n_0 + (\Delta n/2)(1 + \sin x) \quad (5)$$

x : グレーティング端からグレーティングベクトルにそった距離

Fig. 12 に(1), (2)式から求めた η の計算結果を示す。透過型マイクログレーティングの η が $\xi (= \pi \Delta n T / 2 \lambda \cos \theta_0)$ に対して正弦波的に変化するのに対し、反射型の場合 $\xi = \pi$ 以上であればほぼ 100% の効率となる。高効率のマイクログレーティングを高歩どまりで生産する上で Δn のばらつきが問題となると予想される。この点を考慮すると、反射型の場合は格子本数 $n(T/\Lambda)$ を多くすることにより ξ が大となり、 Δn が変動しても η を大にすることができるため透過型に比べ量産性に優れたグレーティングといえる。

この結果をもとに反射型マイクログレーティングを試作した。Si 基板上に熱酸化により SiO_2 を形成し (0.5 μm 厚)、この上に As-S 薄膜 (蒸着膜 (3), $\text{As}_2\text{S}_{3.17}$) を 0.5 μm 蒸着し、電子ビームを照射した。電子ビーム照射条件は、加速電圧 15 kV、電子ビーム照射電荷量 $3 \times 10^{-3} \text{ C/cm}^2$ とした。 $\lambda = 0.5461 \mu\text{m}$ における光導波路の n_0 は 2.72, Δn は 0.07 であった。 $\Lambda = 1 \mu\text{m}$, $L = 1 \text{ mm}$, $n = 100$ 本のマイクログレーティングを試作し、Fig. 13 に示すようにプリズムカップラを介して $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$ の TE_0 波を 82.5° で入射したところ、入射波が約 15° で回折されることが確認された。(2), (4)式から求めた θ_0 は 82.6° , η は 99.9% であり、計算値 14.8° にはほぼ一致する回折角が得られた。 η の測定値 (1 次回折光と非回折光の割合) は、約 80% でありこの種のデバイスとしては高い値が得られた。

なお As-S 膜は熱的安定性の良い材料とはいえない。とくに $\text{As}_2\text{S}_{3.17}$ の場合、ガラス転移温度が 186°C と

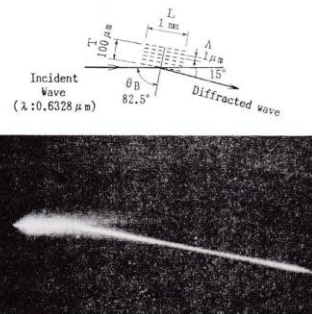


Fig. 13 Photograph of the light diffraction by fabricated reflection type micrograting.

低く、電子ビーム照射による Δn は、ガラス転移温度以上でアニーリングした場合、著しく減少する傾向がみられた。したがって実用上この点の配慮が必要と考えられる。

4. ま と め

As-S の組成比の異なる 4 種のバルクガラスを用いて真空蒸着法により As-S 薄膜光導波路を形成した結果、得られた薄膜組成のほうが原料ガラスの組成よりも S 含有率が約 8 mol% 小さくなる傾向がみられた。化学量論組成すなわち As_2S_3 より S 含有率の大きな膜 ($\text{As}_2\text{S}_{3.17}$, $\text{As}_2\text{S}_{3.32}$) は均一性が高く、 $\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$ における伝播損失はそれぞれ 3.5, 3.0 dB/cm であった。一方 S 含有率が As_2S_3 よりも小さな膜 ($\text{As}_2\text{S}_{2.45}$, $\text{As}_2\text{S}_{2.72}$) は不均一で、光透過性が悪い。光透過性の低下は、薄膜中に生成した As_4S_6 , As 結晶およびこれらの酸化物である As_2O_3 等の不均一成分による導波光の散乱が原因と考えられる。

上記薄膜に電子ビームを照射したときの屈折率変化を測定した結果、照射電荷量と屈折率上昇は、両対数プロットで直線関係にあり、S 含有率が大きな膜ほど大きな屈折率上昇が得られた。

SiO_2 バッファ層を介した Si 基板上に形成した $\text{As}_2\text{S}_{3.17}$ 光導波路に電子ビーム描画法により、 $\Lambda = 1 \mu\text{m}$ の反射型マイクログレーティングを形成し、これに He-Ne レーザー光 ($\lambda = 0.6328 \mu\text{m}$, TE_0 モード) を入射した。その結果、理論と一致する回折角 (15°) の 1 次回折光が得られた。回折効率は約 80% であった。

本研究を進めるに当たり、ご指導、ご討論いただいた

大阪大学工学部電子工学科西原浩教授、栖原敏明助手に感謝いたします。

文 献

- 1) S.K. Keneman: "Evaporated films of arsenic trisulfide, Dependence of optical properties on light exposure and heat cycling," J. Opt. Soc. Am., **68** (1978) 32-38.
- 2) T. Suhara, H. Nishihara and J. Koyama: "Electron-beam-induced refractive-index change of amorphous semiconductors," J. Appl. Phys., **14** (1975) 1079-1080.
- 3) K. Tanaka: *Fundamental Physics of Amorphous Semiconductors*, ed. F. Yonezawa (Springer Verlag, Berlin, 1981) p. 104.
- 4) S. Zembuts and S. Fukunishi: "Waveguiding properties of (Se, S)-based chalcogenide glass films and some application to optical waveguide devices," Appl. Opt., **18** (1979) 393-399.
- 5) N. Nishihara, Y. Handa, T. Suhara and J. Koyama: "Direct writing of optical gratings using a scanning electron microscope," Appl. Opt., **17** (1978) 2342-2345.
- 6) Y. Handa, T. Suhara, H. Nishihara and J. Koyama: "Scanning-electron-microscope-writing gratings in chalcogenide films for optical integrated circuits," Appl. Opt., **18** (1979) 248-252.
- 7) Y. Handa, T. Suhara, H. Nishihara and J. Koyama: "Microgratings for high-efficiency guided-beam deflection fabricated by electron-beam direct-writing techniques," Appl. Opt., **19** (1980) 2842-2847.
- 8) T. Suhara, K. Kobayashi, H. Nishihara and J. Koyama: "Graded-index Fresnel lenses for integrated optics," Appl. Opt., **21** (1982) 1966-1971.
- 9) P.J.S. Ewen and A.E. Owen: "Resonance raman scattering in As-S glasses," J. Non-Cryst. Solids, **35/36** (1980) 1191-1194.
- 10) M. Frumar, A.P. Firth and A.E. Owen: "Reversible photodarkening and structural change in As₂S₃ thin films," Philos. Mag. B, **50** (1984) 463-467.
- 11) S. Tsuchihashi: "Properties of structure of glass in the system As-S," J. Non-Cryst. Solids, **5** (1971) 286-289.
- 12) H. Kogelnik: "Coupled wave theory for thick hologram grating," Bell Syst. Tech. J., **48** (1969) 2909-2947.

おしまい