

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「リアルタイムハイビジョン光送受信装置の研究開発」

成果報告書

平成22年 3月

委託者 関東経済産業局

委託先 イーラムダネット株式会社

## 目 次

	ページ
第 1 章 研究開発の概要	
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	3
(1) 研究開発の背景～リアルタイムハイビジョン伝送技術の動向	3
(2) 研究開発の目的	3
(3) 研究開発の目標	4
1-2 研究体制	6
(1) 研究組織	6
(2) 管理体制	7
(3) 管理者および研究者	7
(4) 経理担当者および業務管理者の所属と氏名	7
1-3 成果概要	8
(1) 研究実施機関	8
(2) テーマ別成果概要	8
1-4 当該研究開発の連絡窓口	9
第 2 章 研究開発報告	
2-1 多波長面発光レーザと周辺回路の高密度実装技術開発【テーマ 1-1】	10
(1) 本テーマの目的	10
(2) 研究開発の内容	10
(3) まとめ	11
2-2 多波長受光素子と周辺回路の高密度実装技術開発【テーマ 1-2】	11
(1) 本テーマの目的	11
(2) 研究開発の内容	12
(3) まとめ	14
2-3 小型実装のための光波シミュレーション解析【テーマ 1-3】	14
(1) 本テーマの目的	14
(2) 研究開発の内容	14
(3) まとめ	17
2-4 面発光レーザの高速ドライブ回路技術開発【テーマ 1-4】	17
(1) 本テーマの目的	17
(2) 研究開発の内容	17

(3) まとめ	19
2-5 受光素子の高感度化回路技術開発【テーマ1-5】	19
(1) 本テーマの目的	19
(2) 研究開発の内容	19
(3) まとめ	20
2-6 面発光レーザアレイの高信頼化技術開発【テーマ1-6】	20
(1) 本テーマの目的	20
(2) 研究開発の内容	20
(3) まとめ	21
2-7 経済化に向けた技術開発とマーケティング【テーマ1-7】	21
(1) 本テーマの目的	21
(2) 研究開発の内容	21
(3) まとめ	24
2-8 プロジェクトの管理・運営【テーマ1-8】	25
(1) 本テーマの目的	25
(2) 内容とまとめ	25
第3章 H21年度研究開発の総括	26

## 第1章 研究開発の概要

### 1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

#### (1) 研究開発の背景～リアルタイムハイビジョン伝送装置

ハイビジョン高画質の画像（HDV）伝送装置は、地上波デジタル放送や衛星放送などで実用化されているが、装置が大型で大変高価であり、また、その伝送には、MPEG-2などの高圧縮技術が利用されており、秒単位の遅れが発生している。また、HDV テレビ会議システムなどが開発され、実用化されつつあるが、現状では、高圧縮技術が利用され、遅れがあり、双方向対話型の利用の場合には多少の違和感が発生している。とくに、遠隔医療などの遅れのない双方向通信が必要な分野からは、リアルタイムのハイビジョン伝送が期待されている。

最近、急速に普及し始めた HDV カメラや HD ディスプレーには、非圧縮のハイビジョン信号を送受信する HDMI (High Definition multimedia Interface) 入出力信号端子が具備されるようになった。この HDMI 電気信号はギガビット Gbps 以上の高速広帯域信号であり、電気の HDMI ケーブルでは、伝送できる距離は数メートルである。この HDMI 電気信号を、直接光に変換して波長多重光伝送技術 (CWDM) により遠隔地へ伝送する光 HDMI 送受信装置を、最近弊社で開発し、光ファイバーにより遠距離間でリアルタイムハイビジョン双方向通信を可能とした。ここで開発した装置は、光通信分野で利用されている既存の SFP (スモールフォームパッケージ) 型モジュールにより組上げたため、サイズが大きくなり、小型化できない課題があり、また、個々の高価なモジュールを使用しているため装置の低価格化が困難である。

本研究開発では、小型化低価格化に適した面発光レーザを利用すること及びその周辺回路と一体化した電子部品・デバイスの実装に係わる以下に示すような高度化目標技術により小型化経済化を狙った研究開発をする。

簡易なリアルタイム HDV 光伝送装置ができれば、防犯や防災に役立つ高画質での遠隔監視システムや、遠隔医療、遠隔教育など幅広い用途が考えられ、これらの各分野からの期待が大きい。また、プラスチックファイバーによる構内やビル内の光配線の研究開発プロジェクトでは、可視光～1ミクロンの短波長帯の光伝送装置が望まれており、現在研究開発に利用する光源は、丁度この波長帯であり、研究開発成果が即このような応用分野に適用できる期待がある。

今後、カメラ、ディスプレイやプレイヤーなどには、ハイビジョン伝送用として HDMI 端子が多用される傾向にあり、電気配線では数メートルであり、遠隔地まで伝送できる簡便な光ハイビジョン伝送装置の小型化、経済化はきわめて重要な研究ターゲットである。

#### (2) 研究開発の目的

これらの背景を踏まえ、本研究開発において、ハイビジョン高品位画像 (HDV) を非圧縮のまま遠隔地にリアルタイムで送信するため、HD カメラや HD プレイヤーからの 10

ギガビット/秒前後までの高速 HDMI 出力を直接光に変換するリアルタイム光伝送装置及びその光信号を電気信号に変換する光受信器の小型化、高性能化、高信頼化、経済化を実現することにより、遠隔医療、遠隔教育、遠隔監視などのシステムへのリアルタイムハイビジョンの快適な双方向通信を実現し、リアルタイムハイビジョンの伝送装置の高度化と普及に拍車をかけることを目的としている。

### (3) 研究開発の目標

本研究開発では、ハイビジョン電気信号 (HDMI : High Definition Multimedia Interface) を光に変換し、光ファイバーにより送信し、光 HDMI 信号を電気に変換するリアルタイムハイビジョン光送受信装置を小型化、高性能化、高信頼化、経済化する基盤技術の開発を行う。

研究目標として、装置を小型化し高性能化する目標として、リアルタイムハイビジョン伝送距離をマルチモード光ファイバーにより 1 キロメートル以上、プラスチック光ファイバーにより 100 メートル以上可能とする。また、通常の家電製品程度以上の信頼性を目標とする。また、量産時には経済化可能となる構成を狙って開発し、コストの低減化できる構成を目標とする。

#### 【1-1】多波長面発光レーザと周辺回路の高密度実装技術開発

4 波長の面発光レーザモジュールとそのドライブ回路の高密度実装構成を設計し、試作、評価する。4 波長の光を合波する光合波回路は、面発光レーザの波長に対応する多層膜フィルターを設計し、モジュール化した光合波器を利用する。4 波長面発光レーザ、ドライブ回路、4 波長光合波器の高密度実装を行い、小型リアルタイムハイビジョン光送信器を実現する。光合波器は、【1-3】において設計試作するモジュールを利用する。また、4 波長面発光レーザのドライブ回路は【1-4】において設計試作するモジュールを利用する。

#### 【1-2】多波長受光素子と周辺回路の高密度実装技術開発

4 波長の光信号を分波する多層膜フィルターは、上記合波器と同一のものを利用して、光分波器を試作して利用する。また、4 波長の受光素子とその受信増幅回路モジュールの高密度実装を設計試作する。この分波器と受信回路モジュールの高密度実装を行い、小型リアルタイムハイビジョン光受信器を実現する。光分波器は、【1-3】において設計試作するモジュールを利用する。また、受光素子とその受信回路モジュールは、【1-5】において設計設計するものを利用する。

#### 【1-3】小型実装のための光波シミュレーション解析

使用する 4 波長の波長間隔を決めるため光多層膜フィルターの光伝搬特性を解析し、利用できる 4 波長の面発光レーザの選択に利用する。この解析結果により、上記テーマ【1-1】と【1-2】に利用する 4 波長多層膜フィルター、光合波器及び光分波器の設計、試作、評価を実施する。

#### 【1-4】面発光レーザの高速ドライブ回路技術開発

非圧縮ハイビジョン信号として、HDMI 信号を使用するので、1 波長ごとに 2.5Gbps の帯

域を有する面発光レーザのドライブ回路を開発する。HDMI 信号には、画像信号を送信する 3 信号とクロック 1 信号があり、4 波長の面発光レーザをドライブするために 4 個のドライブ回路を使用する構成で設計試作し、【1-1】に利用する。

#### 【1-5】受光素子の高感度化回路技術開発

受光素子は、各 VCSEL の波長の光を受光可能な受光素子を利用し、受信感度としては、伝送距離の目標値マルチモード光ファイバで 1 キロメートル以上、プラスチック光ファイバで 100 メートル以上が達成できるように高感度な受信増幅回路を設計試作し、【1-2】に利用する。

#### 【1-6】面発光レーザアレイの高信頼化技術開発

光送信器および光受信器の高信頼化のためには、4 波長の面発光レーザの信頼性確認が不可欠である。使用する VCSEL の信頼性データを調査し、光送信器の信頼性を確認する。また、試作した光送信器と光受信器の環境試験も実施し、信頼性データを蓄積する。

#### 【1-7】経済化に向けた技術開発とマーケティング

製造コスト低減に向けて、使用する部材のコスト低減が必要である。特に、上記の構成要素である面発光レーザや多層膜光合波分波回路などは、量産時のコスト低減が期待できるものを選択する。このテーマでは、市場調査やマーケティングも実施し、市場ニーズから技術開発へもフィードバックし、市場ニーズに合うよう技術改良開発をして、販路拡大を進める。

#### 【1-8】プロジェクトの管理・運営

事業管理者・イーラムダネット株式会社において、本プロジェクトの管理を行う。プロジェクトの研究経緯と成果について取りまとめ、成果報告書を作成する。

本研究の実用化に向けた到達の度合いを検証するとともに、事業化に向けての課題等調整を行う。

#### (注) 専門用語解説：

- ① HDMI: High Definition Multimedia Interface の略称。ハイビジョン伝送インターフェース信号であり、非圧縮ハイビジョン信号である。近年の HDV カメラ、HD ディスプレイに標準装備されていて、HDMI ケーブルを通じて相互に接続される。この HDMI ケーブルによる伝送距離は約 5m 以内である。

HDMI コネクタは物理的には ±TMDS-クロックと 3 つの非圧縮ハイビジョン映像信号とデジタル音声 ±TMDS-0、±TMDS-1、±TMDS-2 の 8 本、±CEC、±SCL、±SDA の 6 本と DDC/CEC グランド線、HPD ホットプラグ検出線、電源線、グランド線の計 18 本に予備 1 本を加えた計 19 本の端子から構成される。通常は、この 19 端子の接続を HDMI ケーブルにより電氣的に接続される。

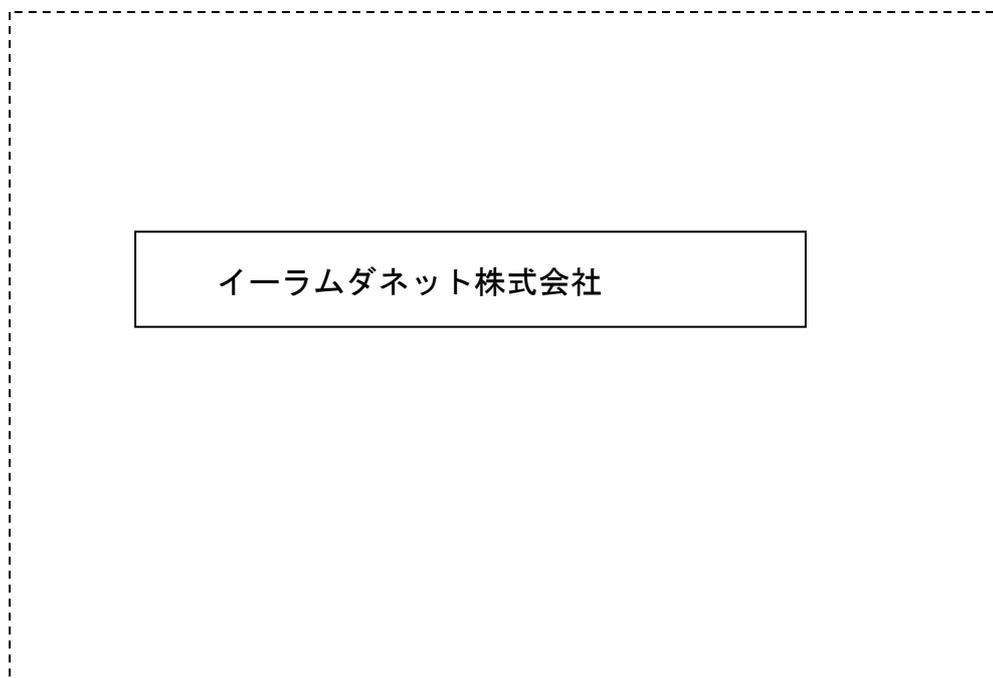
(注) TMDS: Transition Minimized Differential Signaling, 10-bit TMDS signal (165Mpixels/sec)、CEC: Consumer Electronics Control、SCL: Serial Clock for DDC、SDA: Serial Data for DDC (Display Data Channel)、HPD: Hot Plug Detector signal

- ② HDV: ハイビジョン画像  
③ HD: ハイビジョン高画質

## 1-2 研究体制

### (1) 研究組織

全体組織

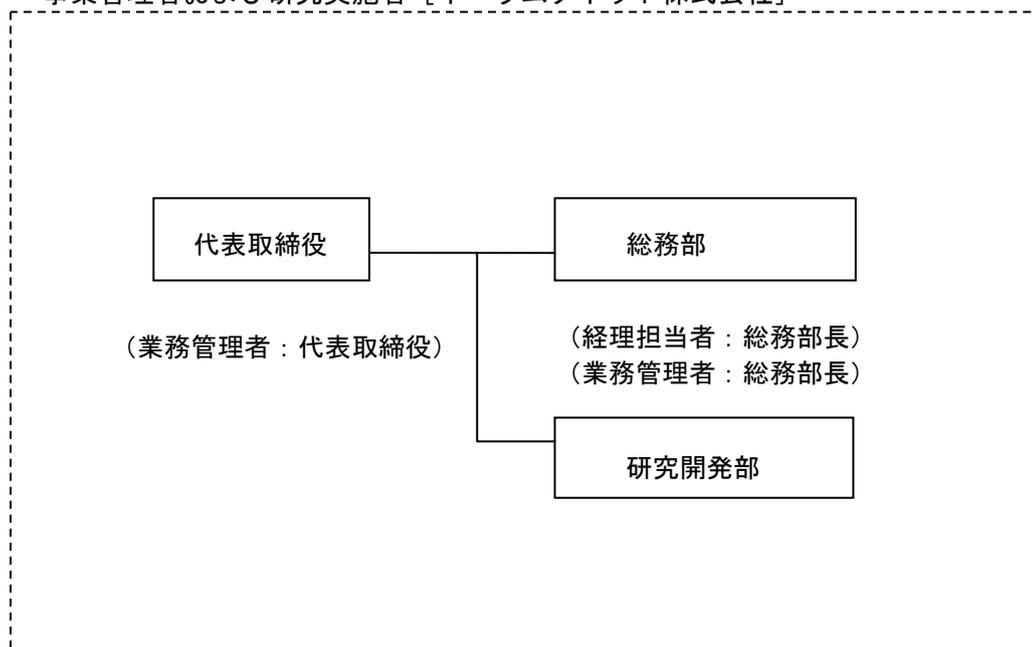


統括研究代表者（PL）  
イーラムダネット株式会社  
代表取締役 菅田孝之

副統括研究代表者（SL）  
イーラムダネット株式会社  
研究開発部担当部長 山下紘一

## (2) 管理体制

事業管理者および研究実施者 [イーラムダネット株式会社]



## (3) 管理者および研究者

【事業管理者】 【研究実施者】 イーラムダネット株式会社

### ① 管理員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
菅田 孝之	本社・代表取締役	【1-8】

### ② 研究員

氏名	所属・役職	実施内容 (番号)
菅田 孝之 (再)	本社・代表取締役	【1-1】 ~ 【1-7】
山下 紘一	研究開発部・取締役担当部長	【1-6】 【1-7】

## (4) 経理担当者および業務管理者の所属と氏名

(事業管理者)

イーラムダネット株式会社

(経理担当者)	総務部	取締役総務部長	安藤 英敏
(業務管理者)	本社	代表取締役	菅田 孝之
(業務管理者)	総務部	取締役総務部長	安藤 英敏

## 1-3 成果概要

### (1) 研究実施期間

平成 21 年 11 月 9 日～平成 22 年 3 月 31 日

### (2) テーマ別成果概要

#### a. 【テーマ 1-1】多波長面発光レーザと周辺回路の高密度実装技術開発

4 波長の面発光レーザ VCSEL モジュールを 1 つの周辺回路プリント基板にアレー状に一体化して実装し、4 波長の光合波器をプリント基板直下に実装し、各レーザと光合波器とはマルチモードファイバーにて接続し、小型のリアルタイムハイビジョン光送信器を実現した。周辺回路には HDMI 電気信号を受信し、光に変換する回路を実装した。

光出力-6dBm 以上、2.5Gbps 以上の帯域の特性を実現し、マルチモードガラスファイバーで 1 km 以上、プラスチックファイバーで 100m 以上の伝送距離目標を達成できた。

#### b. 【テーマ 1-2】多波長受光素子と周辺回路の高密度実装技術開発

4 波長それぞれの受光素子 PD モジュールを 1 つの周辺回路プリント基板にアレー状に一体化して実装し、4 波長の光分波器をプリント基板直下に実装し、各 PD と光分波器とはマルチモードファイバーにて接続し、小型のリアルタイムハイビジョン光受信器を実現した。周辺回路には、高速光信号を電気に変換し、HDMI 信号を出力する回路を実装した。

最小光受信レベル-18dBm 以下、2.5Gbps 以上の帯域の特性を実現し、マルチモードガラスファイバーで 1km 以上、プラスチックファイバーで 100m 以上の伝送距離目標を達成できた。

#### c. 【テーマ 1-3】小型実装のための光波シミュレーション解析

4 波長の VCSEL を合波して、1 本のファイバーから出力するために必要な誘電体多層膜を光波伝搬特性解析により設計・試作した。この誘電多層膜フィルターを用いて上記【テーマ 1-1】および【テーマ 1-2】に利用できる小型の光合波器および光合波器が実現できた。

#### d. 【テーマ 1-4】面発光レーザの高速ドライブ回路技術開発

面発光レーザ VCSEL の高速性能を維持して、HDMI 信号で変調可能な各波長ごとに 2.5Gbps 帯域の高速 VCSEL ドライブ回路をプリント基板上に実現した。光合波器を通過後のファイバー光出力を-6dBm 以上にすることが出来た。

本テーマの結果は、【テーマ 1-1】に利用して光送信器が実現できた。

#### e. 【テーマ 1-5】受光素子の高感度化回路技術開発

受光素子 PD の受光増幅回路として、2.5Gbps 帯域の受光回路をプリント基板上

に実現した。入力光の最小受信レベル、-18dBm まで受光できた。

本テーマの結果は、【テーマ1-2】に利用し、光受信器が実現できた。

f. 【テーマ1-6】面発光レーザアレイの高信頼化技術開発

本年度は、市販の面発光レーザを調査し、光分波器と光合波器のフィルターの設計試作の出来る波長の VCSEL の選択をした。選択した波長の VCSEL の信頼性データから装置の信頼性が確保できることを予測した。高温や高湿での環境動作試験も実施し、安定な動作を確認した。

g. 【テーマ1-7】経済化に向けた技術開発とマーケティング

多数個繰返し製造するときに、量産時のコスト低減を目指して、本研究開発では、面発光レーザの採用や誘電多層膜光合波分波回路を選択した。さらに、これらの小型高密度実装により一層の経済化が進む見通しがある。

市場調査やマーケティングを実施し、遠隔医療や遠隔診療などのサイバーホスピタルへの適用には、遅れのないリアルタイムの双方向ハイビジョン伝送が必須であり、開発した光送信器や光受信器が望まれている。また、遠隔教育では、ブロードキャスト型で送信器1台に対して複数台の光受信器が必要なシステムでは、光スプリッタの適用により送信機の台数を削減して、経済効果を上げるシステム提案なども実施した。開発したリアルタイムハイビジョン光送受信器を利用して、ユーザの拡大を狙って、顧客へのデモンストレーションによる宣伝活動も実施した。

h. 【テーマ1-8】プロジェクトの管理・運営

本研究開発プロジェクトは、予定通り進捗し、上記に示すように当初の実施計画書に示した目標を達成することが出来た。

次年度の計画については、各テーマの高度化技術により、一層の小型化、経済化、高信頼化を目指した研究開発を進める予定である。

#### 1-4 当該研究開発の連絡窓口

イーラムダネット株式会社

代表取締役社長 菅田 孝之

電話/FAX 042-755-8785

E-mail sugeta@e-lambdanet.com

## 第2章 研究開発報告

### 2-1 多波長面発光レーザと周辺回路の高密度実装技術開発【テーマ1-1】

#### (1) 本テーマの目的

HDカメラなどからのハイビジョン信号（HDMI）を入力し、その信号処理をして HDMI の高速の4チャンネルのデジタル信号 D0、D1、D2、CLOCK を4波長の光信号に変換し、4波を光合波器で合波して、1本の光ファイバー出力にする光送信器を小型高密度実装により実現することを目的とする。

#### (2) 研究開発の内容

HDMI 信号には、高速の4チャンネルの TMDS 信号 D0、D1、D2、CLOCK（最大、1.65Gbps）とその他の HDMI ソースと HDMI シンクの機器間の低速の制御信号がある。この高速の4チャンネルの信号を2分岐する LSI を用いて、一方は、レーザドライバー回路に送り、各チャンネルごとに4波長の VCSEL を駆動して光に変換し、その4波長を光合波器により合成して1個の SC コネクタから光 HDMI 信号を一本の光ファイバーにて送信する。もう一方は、低速の制御信号と合わせて HDMI 送信用コネクタへ配線し、HDMI シンク機器に相当する入力画像モニター用の HD 液晶ディスプレイなどに接続する。このような HDMI を受信・送信する新規の回路構成については、特許出願済みである。

（注）特願 2008-109590、ハイビジョントランシーバ、イーラムダネット(株)菅田孝之  
HDMI コネクタ、TMDS2 分配回路 LSI、4波長 VCSEL ドライバー IC および4波長 VCSEL は、1枚の 86x90mm サイズのプリント基板に高密度に実装する。その際に、4チャンネルの高速信号は位相差が生じないように配線パターンを等距離になるように設計する。  
試作した光送信器の写真を図1に示す。



図1. リアルタイムハイビジョン光送信器 HDV-T

リアルタイムハイビジョン光送信器 HDV-T の仕様：

1. 伝送信号：ハイビジョン信号 (HDMI/DVI)
2. 発光素子：面発光レーザ VCSEL 4 波長  
光波長 780 810 850 980 nm  
各光出力レベル -6dBm 以上
3. リンクバジェット： 12 dB 以上  
マルチモードガラスファイバ伝送距離：1 km 以上  
GI-POF プラスチックファイバ : 200 m 以上
4. 適合光ファイバ： GI-50/125 (Glass または Plastic)
5. 適合コネクタ： SC コネクタ
6. 所要電源： +5V±5%DC / AC-1 0 0 V アダプタ
7. 使用温度／保存温度： 0～40℃ / -10～50℃
8. 外形寸法： 100Wx30Hx160D mm

プリント基板直下に、80x60x10mm サイズの光合波器が実装されている。VCSEL は FC コネクタに実装された構成であり、FC コネクタのファイバー出力を光合波器の入力に接続する方法で実装している。このように各機能を分離実装することによりそれぞれの機能モジュールを最適化設計し、性能確認してから実装することにより、上記仕様のような目標性能を達成した。

光ファイバ出力が-6dBm 以上あれば、次に示す光受信器によりリンクバジェットが 12dBm 以上可能となり、マルチモードガラスファイバーで 1 km 以上、GI-POF で 200 m 以上のハイビジョン伝送が可能となる。

小型化については、弊社で以前開発した 4 波長のハイビジョン伝送端末 ONIB4 (430Wx8.8Hx300Dmm) を基準に比較すると、1/23 の小型化となり、小型化の自主目標は達成できた。

### (3) まとめ

以上報告したように、リアルタイムハイビジョン光送信器は、面発光レーザモジュール、ドライバー回路、光合波回路を高密度実装して小型化高性能化を実現し、計画した目標性能を達成し、製品化可能な技術レベルに達した。

## 2-2 多波長受光素子と周辺回路の高密度実装技術開発【テーマ1-2】

### (1) 本テーマの目的

光ファイバーを伝送してきた光ハイビジョン信号、HDMI の高速の 4 チャンネルの光デジタル信号 D0、D1、D2、CLOCK に対応する 4 波長の光信号を、各波長の光信号に 4 波の光分波器により分波し、各波長ごとに高速受光素子 PD にて電気信号に変換し、増

幅回路 IC にて増幅し、電気の 4 チャンネルの高速 HDMI 信号にして、HDMI ケーブルの高速信号伝搬に適したイコライザー IC にてデジタル信号振幅調整をして、HDMI コネクターから出力するまでの高密度実装構成を設計、試作し、小型のリアルタイムハイビジョン光受信器を実現することを目的とする。

## (2) 研究開発の内容

光ファイバー 1 芯により送信されてくる光ハイビジョン信号は、4 波長の高速 HDMI デジタル信号 (TMDS 信号 D0、D1、D2、CLOCK (最大、1.65Gbps)) であり、これを、4 波長光分波器により各波長に分波し、それぞれをその波長に対応する高速受光素子 PD にて電気信号に変換し、リミッターアンプ IC を搭載した受光回路でデジタル信号増幅再生する。その信号を高速 TMDS 信号波形のイコライザー IC に入力して HDMI ケーブルの高速伝送の周波数特性を補償する機能を付加して出力 HDMI コネクターへ接続する。

4 波長用の PD モジュール、高速受信デジタル信号増幅再生回路、高速 TMDS バッファ回路 (イコライザー IC) は、1 枚の 86x90mm サイズのプリント基板上に高密度実装した。光入力後の光分波回路と PD との接続は、PD とプリアンプ (前置増幅器) を内蔵した FC 光ファイバコネクタモジュールを利用してファイバー接続した。各波長の光ファイバー接続及びプリント基板上の高速電気配線は、4 チャンネルの高速信号の伝搬距離が等しくなるように配置した高密度実装をして、目標とするリアルタイムハイビジョン信号の受信性能を達成した。

リアルタイムハイビジョン光受信器 HDV-R の写真を図 2 に示す。

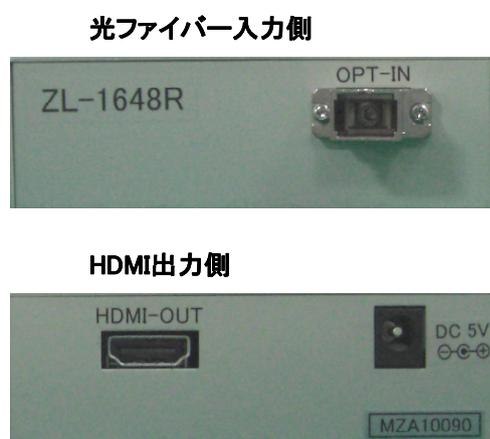


図 2. リアルタイムハイビジョン光受信器 HDV-R

リアルタイムハイビジョン光受信器の仕様：

1. 伝送信号：ハイビジョン信号 (HDMI/DVI)
2. 受光素子：面発光レーザ VCSEL4 波長  
光波長 780 810 850 980 nm に対応した PD の利用  
光受光レベル 0~-18 dBm
3. リンクバジェット： 12dB 以上

マルチモードガラスファイバ伝送距離：1 km以上

GI-POF プラスチックファイバ：200 m 以上

4. 適合光ファイバ：GI-50/125 (Glass または Plastic)
5. 適合コネクタ：SC コネクタ
6. 所要電源：+5V±5%DC / AC-100V アダプタ
7. 使用温度/保存温度：0～40℃ / -10～50℃
8. 外形寸法：92Wx140Dx30H mm

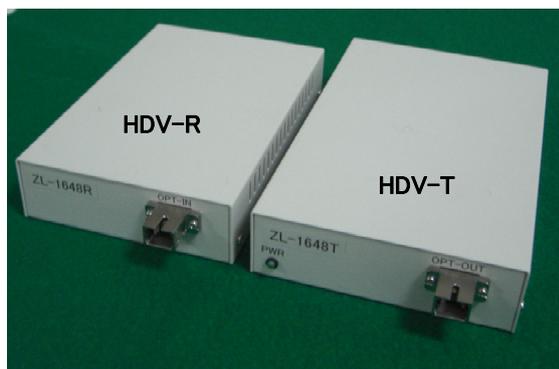
プリント基板直下に、80x60x10mm サイズの光分波器が実装されている。PD は FC コネクタに実装された構成であり、ファイバ入力コネクタから光分波器の入力および光分波器の出力から PD の FC コネクタまでの接続はマルチモードファイバ配線で実装している。このように各機能を分離実装することによりそれぞれの機能モジュールを最適化設計し、性能確認してから実装することにより、上記仕様の目標性能を達成した。

小型化については、弊社で以前開発した 4 波長のハイビジョン伝送端末 ONIB4 (430Wx8.8Hx300Dmm) を基準に比較すると、1/29 の小型化となり、小型化の自主目標は達成できた。ONIB4 は、光送受信機能を有しているので、ここで開発した光送信器と受信器を合計した体積で比較すると、1/13 の小型化ができた。これは、以前のものに対して 1/10 以下に小型化する当初の目標も達成できた。

以上のように試作したハイビジョン光送信器 HDV-T と光受信器 HDV-R の外観写真を合わせて下に示す。1 ロケーションに、HDV-T と HDV-R を設置することにより、ロケーション間のリアルタイム双方向通信が実現できる。2-7 節において、ハイビジョンの一方方向送信実験や双方向の送受信実験などの遅れのないハイビジョン伝送デモンストレーションの実施例を示した。

図 3  
試作した  
HDV-T  
と  
HDV-R  
の写真

光  
入出力側



HDMI  
入出力側



### (3) まとめ

ハイビジョン光送信器HDV-Tと光受信器HDV-Rともに高密度実装により小型化高性能化を実現し、目標性能を達成した。

## 2-3 小型実装のための光波シミュレーション解析【テーマ1-3】

### (1) 本テーマの目的

面発光レーザVCSEL4波長の光を合波し光多重化して1本の光とする光合波器および1本の光ファイバーに4波多重化した光を各波長の光に分波する光分波器を、誘電体多層膜フィルターを利用して構成するために、各波長の誘電多層膜バンドパスフィルターの光波フィルタ特性の解析、フィルター構造の設計、試作を実施し、各波長ごとに小型のバンドパスフィルターモジュールを構成し、相互にファイバー接続してコンパクトに実装することにより4波長の光合波器および光分波器を実現することを目的とする。

### (2) 研究開発の内容

誘電体多層膜フィルターで面発光レーザからのマルチモードの光を合波したり分波したりできる波長間隔としては、20nm以上あることが必要であり、使用するVCSELの波長選択を進めた。現状、入手可能なVCSELは、780nm、810nm、850nm、980nmであり、これらの波長におけるバンドパスフィルターの詳細な解析と設計を進め、その試作し、解析結果に近い各波長のフィルターを実現した。

入手したVCSELの仕様が、量産できるマルチモードの面発光レーザを選択したので各中心波長に対して、±10nmの広がりがある仕様であり、安全を見て、フィルターの一の透過領域も±10nmとすることを前提にした設計とした。このように透過帯域の広いフィルターは、 $\lambda$  (波長) / 4の薄層のTi2O5/SiO2誘電多層膜の層数を50層以上にすることにより実現した。このように層数を増やすことにより裾切れの良いフィルターが可能となった。

試作したフィルターの通過損失の測定結果を図4に示す。

一例として、解析結果と試作測定結果との透過率の波長依存性の比較を図5に示す。他の波長についても、

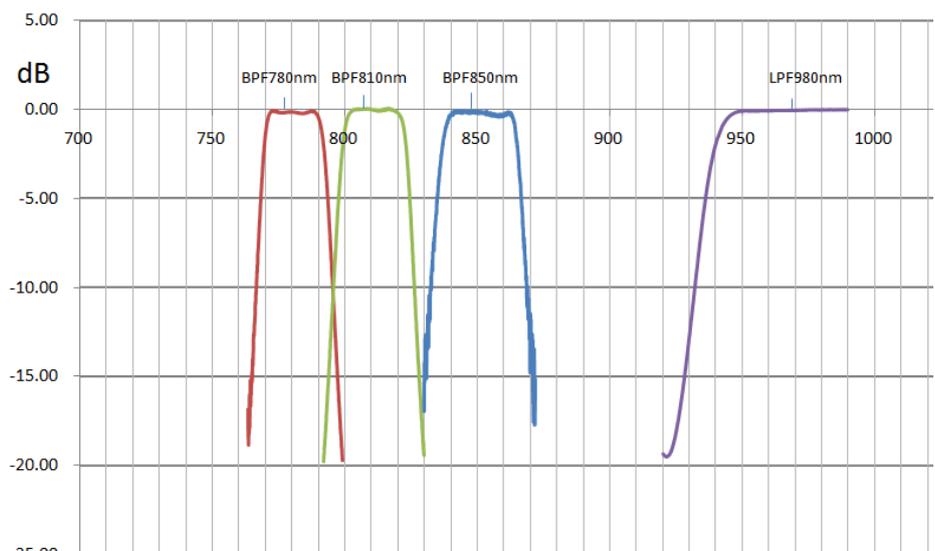


図4 試作した誘電多層膜フィルターの通過損失の測定結果

フィルタ特性の波長のずれは、約 2nm 以下に収まっており、予想通りの試作結果が得られた。810 nm 仕様の VCSEL については、入手し使用した VCSEL の中心波長は 806 nm であり、光送信器および光受信器に利用する光合波器および光分波器として十分な特性のフィルタが実現できた。

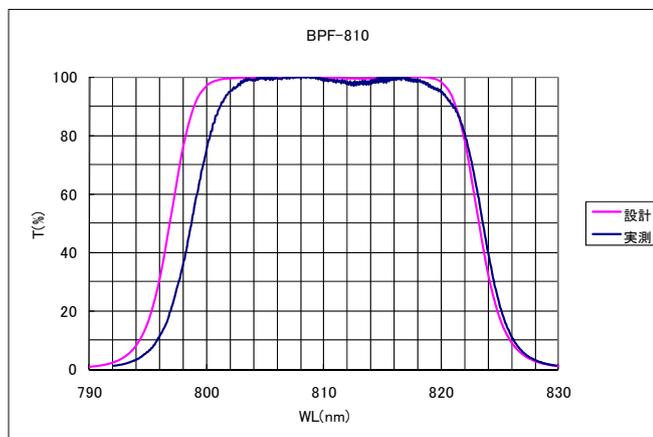


図 5 810 nm のバンドパスフィルタの透過率の特性解析結果と試作結果の比較

4 波長の VCSEL の全波長に対して、光送信器および光受信器に利用する光合波器および光分波器として十分な特性のフィルタが実現できた。

このフィルタを 2 入出力ファイバー型のコリメータレンズ付の専用の小型モジュールに内装して各波長毎の小型モジュールを作成し、ファイバー接続して 4 波長光合波器を試作した。

試作した光合波器の特性を表 1 に示した。

光送信器に利用可能な十分な特性が得られた。

表 1 光合波器の特性

項目	ポート間	波長 (nm)	挿入損失 測定値 (dB)	アイソレーション 測定値 (dB)
光波特性	Common←P1(780)	780±8	1.91	≧31
	Common←P1(810)	810±8	0.97	≧30
	Common←P1(850)	850±8	0.71	≧33
	Common←P1(980)	980±8	0.36	≧33
サイズ	60x80x10 mm			

4波長の光分波器も光合波器と同様に2入出力のコリメータモジュールに内装した各波長のフィルターモジュールをファイバー接続して、4波長を含むCommonからの光入力を、各波長の端子P1、P2、P3、P4から分波光を出力する構成である。

この試作した光分波器の特性を表2に示す。この結果は、光受信器に利用するために十分な特性である。

表2 光分波器の特性

項目	ポート間	波長 (nm)	挿入損失 測定値 (dB)	アイソレーション 測定値 (dB)
光波特性	Common→P1(780)	780±8	1.11	≥22
	Common→P1(810)	810±8	1.25	≥30
	Common→P1(850)	850±8	0.98	≥31
	Common→P1(980)	980±8	0.43	≥31
サイズ	60x80x10 mm			

光合波器および光分波器においては、各波長で光の伝搬距離が異なる場合が生じる。各波長とも光送信器では光合波器を通過し、光受信器では光分波器を通過するので、光合波器と光分波器を合わせた各波長の光路長が同じになるようにするためにファイバ長を調節した。

以上のように設計、試作した光合波器と光分波器の外形図と外観写真を図6に示した。いずれも外形寸法は、80x60x10mmであり、光送信器と光受信器の光デバイスを実装した電子回路のプリント基板の面積以下であり、電子回路プリント基板の下側に実装できる構成が実現できた。

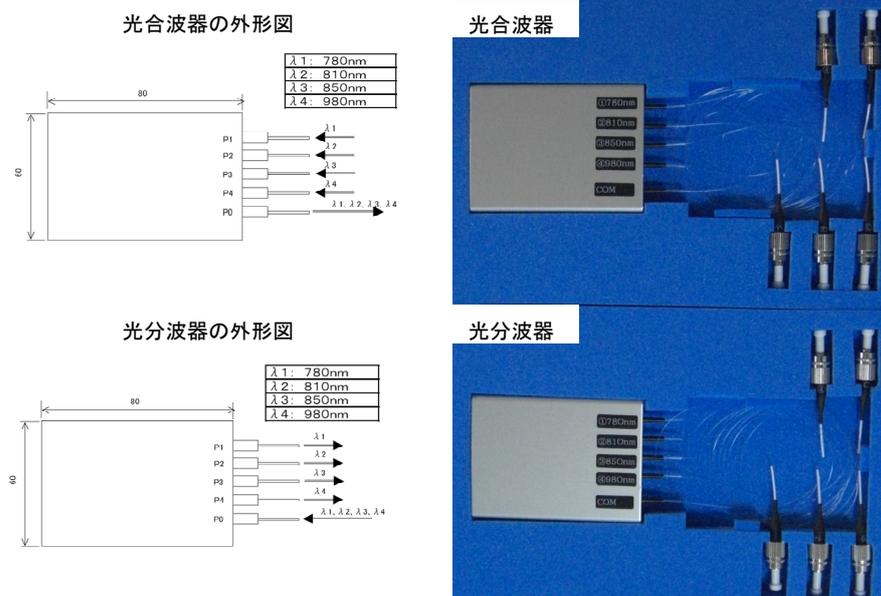


図6 試作した光合波器と光分波器の外形図と写真

### (3) まとめ

以上のように設計、試作した光合波器と光分波器は、挿入損失が、2 dB以下に十分小さくでき、大きさもプリント基板の面積より小さくでき、装置全体の高性能化および小型化に貢献できた。

## 2-4 面発光レーザの高速ドライブ回路技術開発【テーマ1-4】

### (1) 本テーマの目的

非圧縮ハイビジョン信号として、HDMI 信号を使用するので、HDMI 高速信号の帯域を有する面発光レーザのドライブ回路を設計、試作、および評価することを目的とする。HDMI 信号には、高速画像信号を送信する 3 信号 D0、D1、D2 と高速のクロック 1 信号 CLOCK があり、4 波長の面発光レーザをドライブするために 2.5Gbps の帯域を有する 4 個のドライブ回路を設計、試作して、評価する。

### (2) 研究開発の内容

ハイビジョン HDMI 信号は、高速のハイビジョンビデオ信号と HDMI ソースと HDMI シンクの機器間の低速の制御信号から構成されている。この高速のハイビジョンビデオ信号と低速の制御信号を MAX3845-LSI を用いて 2 つに分岐して出力する。一方は、入力側のモニターへ出力し、使用時には常時、入力側のハイビジョン信号を HDMI シンクである液晶モニターに接続して利用する。もう一方のハイビジョン HDMI 信号の高速のハイビジョン信号として、ビデオ信号 TMDS-D0、D1、D2 と CLOCK (HDMI/DVI 信号) の 4 チャンネルの信号を VCSEL を変調するドライブ信号として利用して VCSEL を高速変調し、光ハイビジョン信号に変換する。

このビデオ信号は、フルハイビジョン HD カメラにおいても、現状では 1920x1080i のハイビジョン信号であり、D0、D1、D2 信号ともに 742.5Mbps である。そのときの CLOCK は、148Mbps である。また、ソニー製のプレステーション 3 (PS3) からの 1920x1080p のフルハイビジョン信号は、D0、D1、D2 信号ともに 1.485Gbps である。そのときの CLOCK は、296Mbps である。さらに、ハイビジョン高品位信号にバージョンアップした場合には、1.65Gbps、さらに次世代の HDMI 信号となると 2.2Gbps の高速信号が利用される場合が予想される。さらにハイビジョン高品位化が進展すると 3.2Gbps となることも予想されるので、これらの次世代の HDMI 信号にも対応できるよう設計することにする。

以上の考察から、本研究開発では、3.2Gbps まで対応できる VCSEL ドライバ IC を搭載した VCSEL ドライバ回路を設計した。本研究開発の段階では、現状で実験可能な最高のハイビジョン信号 (PS3 からのハイビジョン信号) でも 1.65Gbps 帯域があれば十分である。今回使用する VCSEL や高速 PD の帯域は、2.5Gbps であるので、設計した VCSEL ドライバ回路は、光素子と合わせて、2.5Gbps の帯域を保証できる回路である。

また、光レベル温度補償回路や光レベルや変調レベル調整なども付加し、温度変動などに強い回路構成とした。

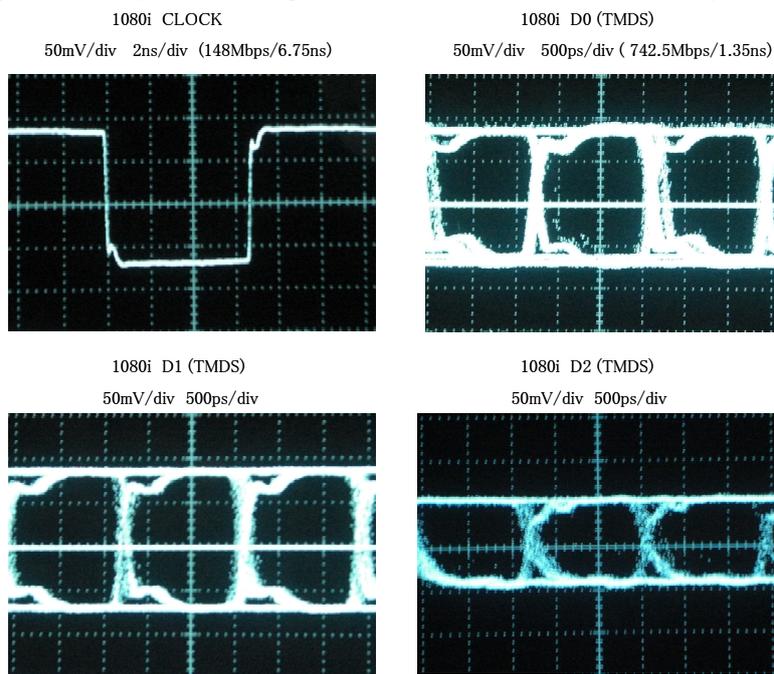
この回路を搭載した光送信器に、HD カメラの信号を入力したときの CLOCK および T MDS-D0、D1、D2 信号でドライブした VCSEL からの光信号のアイパターンを測定した結果を図 7 に示した。また、PS3 からのフルハイビジョンの信号を印加した場合のアイパターンの測定結果を図 8 に示した。これらの結果から、ここで設計試作した VCSEL ドライバ回路は、フルハイビジョンの光送信として動作することが確認できた。

このアイパターンの測定には、本支援事業にて準備した機械装置である高速光測定装置を利用した。D2 の出力信号振幅が、他のチャンネルに対して約半分程度になっているのは、D2 チャンネルに利用した 980 nm の VCSEL の光出力を受光している PD の受光感度が他の波長の PD の受光感度の半分程度であるためである。

VCSEL ドライバ回路の仕様及び特性は下記の通りである。

1. 伝送信号：ハイビジョン信号 (HDMI/DVI)
2. 発光素子：面発光レーザ VCSEL 4 波長  
光波長 780 810 850 980 nm  
各光出力レベル -6dBm 以上
3. ドライブ帯域：2.5Gbps 以上

Optical Eye Diagram of the Outputs from a HDV-T for 1080i HD-Video Signals



TMDS: Transition Minimized Differential Signaling

図 7 フルハイビジョン HD カメラ (ソニー製 HDV-HC3) からの HDMI 信号を光送信器より光変換したハイビジョン光信号のアイパターン

## Optical Eye Diagram of the Outputs from a HDV-T for 1080P HD-Video Signals

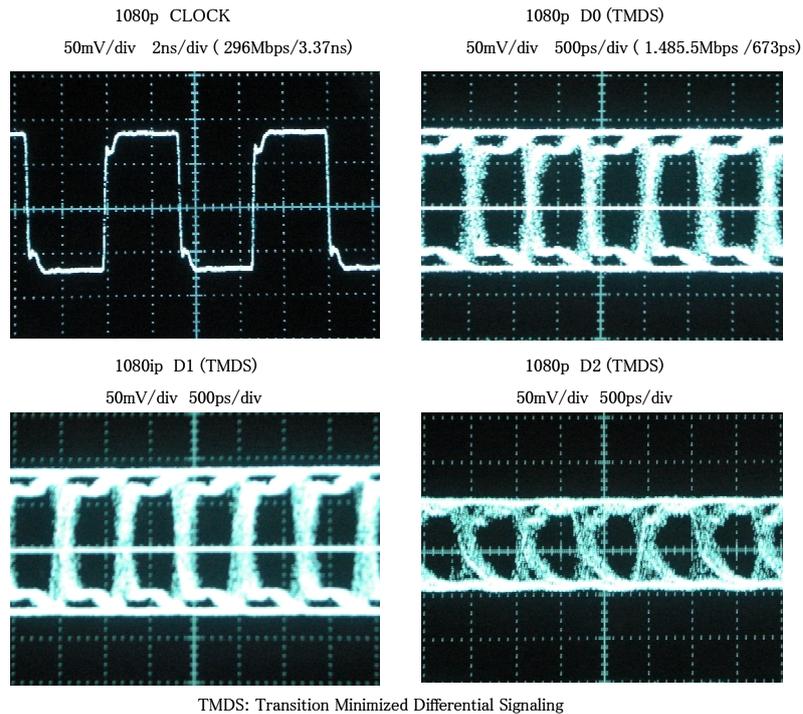


図8 PS3 からの 1920x1080P のフルハイビジョン HDMI 信号を  
光送信器により光変換したハイビジョン光信号のアイパターン

### (3) まとめ

面発光レーザのドライブ回路は、HDMI 信号で変調できる十分な性能を達成でき、プリント基板上に 4 波長分のドライブ回路を搭載して実現した。

## 2-5 受光素子の高感度化回路技術開発【テーマ1-5】

### (1) 本テーマの目的

受光素子は、各 VCSEL の波長の光を受光可能な受光素子を利用し、受信感度としては、伝送距離の目標値マルチモード光ファイバで 1 キロメートル以上、プラスチック光ファイバで 100 メートル以上が達成できるように受信増幅回路を設計し、試作評価しすることを目的とする。

### (2) 研究開発の内容

利用可能な受光素子として、780nm、810nm、850nm の波長用には、受光径 100  $\mu$ m、応答速度 2.5Gbps の GaAs-PD を選択した。

また、980nm の波長用には、受光径 40  $\mu$ m、応答速度 2.5Gbps の InGaAs-PD を選択した。いずれもこれらの波長帯で現在入手可能なベストな受光素子 PD である。

これらの PD は、プリアンプが内蔵されており、FC レセプタクル型のモジュールにして使用した。PD からの電気出力ピンの長さは mm 以下に短くしてプリント基板に実

装した。

図7、図8の高速動作特性は、これらのPDを利用して測定した。

このPDでハイビジョンの光信号を受信し、電気信号に変換してから、高速のHDMI信号を再生するために、155Mbps～3.2GbpsのリミッタアンプICを利用した。PDの出力ピンからリミッタアンプICまでの配線には、安定な差動信号を生成するバッファ回路を挿入している。

このバッファ回路とリミッタアンプにより、4チャンネルの高速HDMI/DVIの差動信号CLOCK、D0、D1、D2を再生する。

4チャンネル高速HDMI/DVI信号は、5m以上のHDMIケーブルへの十分な信号レベルを確保するために、イコライザIC（DS16EV5110）を通して、HDMI出力コネクタへ接続する。

設計、試作したPD受信回路の仕様、その評価結果は、以下の通りである。

1. 伝送信号：ハイビジョン信号（HDMI/DVI）
2. 受光素子：面発光レーザVCSEL 4波長に対応したGsAs-PDおよびInGaAs-PD  
光波長 780 810 850 980 nmに対応したPDの利用  
光受光レベル 0～-18dBm/チャンネル
3. リンクバジェット： 12 dB以上/（HDMI/DVI信号）
4. 適合光ファイバ： GI-50/125（GlassまたはPlastic）
5. 適合コネクタ： SCコネクタ
6. 所要電源： +5V±5%DC / AC-100V アダプタ
7. 使用温度／保存温度： 0～40℃ / -10～50℃
8. 外形寸法（光受光器）： 92Wx140Dx30H mm

### （3）まとめ

以上のように開発した受光回路はプリント基板上に4波長分一緒に搭載し、光ハイビジョン信号の受信を可能とし、高速、高感度な性能を有し、目標とするファイバ伝送距離を得るのに十分な特性が実現できた。

## 2-6 面発光レーザアレイの高信頼化技術開発【テーマ1-6】

### （1）本テーマの目的

光送信器および光受信器の高信頼化のためには、4波長の面発光レーザの信頼性確認が不可欠である。使用するVCSELの信頼性データを調査し、使用したVCSELの信頼性データを確認する。また、試作した光送信器と光受信器の基本的な環境試験を実施し、信頼性データを蓄積することを目的とする。

### （2）研究開発内容

使用した4波長のVCSELの信頼性を調査した。

使用した VCSEL の 25℃ で利用する場合や 10mA 以下の動作電流で利用する場合は、寿命は、100 万時間あり、114 年に相当し、通常の動作状態では、十分な信頼性があることが判った。

一般に使用されている電子部品や IC の故障率 (Failure/1E9-Hours) FIT 数は、1～20 以下であり、今回の光送信器において信頼性を決めているのは VCSEL である。ただし、VCSEL の使用個数は 4 個であり、1 個の寿命を 10E6 と仮定して、室温での使用条件では～28 年程度の寿命と予測される。光受信器においては、PD の故障率は、他の電子部品と同じく故障率は小さく、光送受信器を一体にした信頼性は、VCSEL が決めていることになる。

本研究で試作した光送信器と光受信器の環境試験結果は、温湿度変動試験では、10℃低温連続動作 5 時間、45℃高温連続動作 5 時間、45℃高温 20%RH 低湿度連続動作 5 時間、45℃高温 85%RH 高湿度連続動作 5 時間、温湿度変動サイクル 24 時間サイクル 5 回を実施した。また、5～60Hz、X、Y、Z 方向に各 1 時間振動試験を実施した。これらの試験後も正常動作であることを確認した。

### (3) まとめ

以上のような調査や試験結果から、ここに研究開発したハイビジョン光送受信器は実用化レベルにあり、製品化販売できる段階である。

## 2-7 経済化に向けた技術開発とマーケティング【テーマ 1-7】

### (1) 本テーマの目的

製造コスト低減には、使用する部材のコスト低減が必要である。特に、上記の構成要素である面発光レーザや多層膜光合波分波器などは、少量使用時は高価であるが、量産時のコスト低減が期待できる。

また、市場調査やマーケティングも実施し、市場ニーズから技術開発へもフィードバックし、市場ニーズに合うよう技術改良開発を継続して行う。

本テーマでは、主に市場ニーズを予測して、試作装置によるデモンストレーションを実施し、宣伝活動も行い、顧客を開拓をすることを目的とする。

### (2) 研究開発の内容

高品位画像を用いた遠隔監視、遠隔医療や遠隔教育などへの利用拡大が進むように関係者への宣伝活動を進めた。ハイビジョンの遅れのないリアルタイム配信、双方向通信などを実際にデモンストレーションして、臨場感のある高品位画像を体感していただきお客様の開拓を進めた。

試作したハイビジョン光送信器 HDV-T とハイビジョン光受信器 HDV-R による HD カメラ画像の送信実験例を図 9 に示す。



図9 試作ハイビジョン光送受信器によるHDカメラ画像の光送信実験

図10は、光送受信器を2カ所の離れた場所に設置することを想定し、ハイビジョン画像の双方向通信を実際にデモンストレーションしたときの光送受信器の部分の写真を示している。

以上のデモンストレーション実験から、ハイビジョン映像を光ファイバを通じて遠隔の場所へ送信したり、TV会議の場面のようにハイビジョン画像を双方向に送受信することもできる。図9では、動いている葉の映像を送信している場面であるが、送信側のモニター画面と受信側の大きい受信画面の画像が同じであり100mのPOF光ファイバにて送信したハイビジョン映像が遅れなしにリアルタイム送信できていることを実証した。

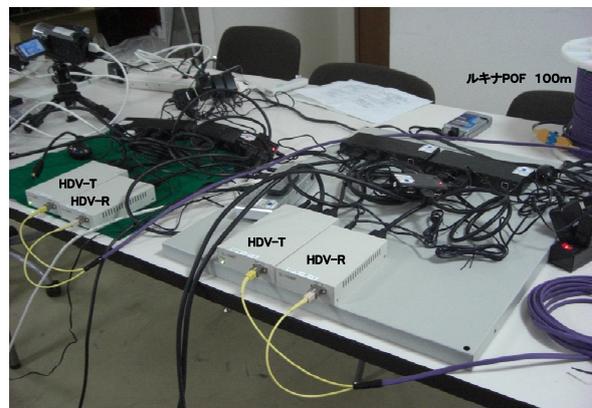


図10 双方向ハイビジョン通信実験のために設置した光送受信器

図11は、双方向で利用したいお客様を想定して、光送信器と光受信器を1体化した光送受信装置（ハイビジョン光トランシーバ）も開発し、それを2カ所の場所に設置して、マルチモードファイバで接続し、ハイビジョンカメラ画像のリアルタイム双方向通信をデモンストレーションしている場面である。



図 11 光送信器と光受信器を一体化した光ハイビジョントランシーバ  
による双方向ハイビジョン通信実験

遠隔医療などではこのように高品位の画像が遅れなく送受信できることが重要であり、見学していただいた医師から高い評価を頂いた。

以上のようなリアルタイムハイビジョン光伝送のデモンストレーションをお客様に実演しながら宣伝活動を実施した。

#### 1) 遠隔教育への応用

ハイビジョン画像利用が身近になったことから、今後はハイビジョン画像を利用した遠隔教育システムの需要が増加することが予想される。その際、講師の場所に送信器1台、受講する生徒は、複数箇所別の場所において、受信器は複数台の構成になる場合が多く、本プロジェクトで試作したような光送信器と光受信器がお客様のニーズに応じてフレキシブルに組み合わせが出来るので、システム全体の経済化にもなる。

光ファイバ接続では、光ファイバスプリッタを利用することが出来、4カ所、8カ所など容易にマルチキャスト通信が出来る特長がある。今回の試作結果では、リンクバジェットは12dB以上あることから、パッシブな光スプリッタの利用により1光送信器から8カ所の光受信器に送信するシステムができ、光送信器の数を1/8に出来る経済効果も生じる。大学や大学病院、その他の教育機関、大手企業などの遠隔教育システムなどに利用されるよう宣伝活動をした。

#### 2) 遠隔監視システムへの応用

工場内のラインの監視システム、高品位画像で監視したい場所のある防災や防犯のための監視システム、人命救助などのためのロボットの眼として遠隔制御監視システムなどの用途がある。また、病院内の監視システムなどでは、従来のSD(標準画像)では不十分であり、ハイビジョン高品位画像による監視が望まれている。これらの用途への利用拡大を目指す。

#### 3) 双方向通信システムへの応用

遠隔診療や遠隔医療などのサイバーホスピタル、リアルタイムハイビジョンTV会議システムなどには、遅れのない双方向ハイビジョンシステムが望まれている。本

開発の光送受信器を利用すれば、図 11 にデモンストレーションしたような遅れを感じさせない臨場感のある双方向のハイビジョン送受信が可能である。

最近、各地域で遠隔医療が必要となってきたことによりこの分野への市場開拓も実施した。杉並区の医師会館では、慶應大学の支援により、会館内にすでにプラスチックファイバ（旭硝子製ルキナ）が敷設してある環境が整っているが、2階会議室と3階講堂間が、SD 画像で相互に接続してあり、画質が悪く、ハイビジョンの双方向システムが望まれていた。今回開発した光ハイビジョン送受信器の図 11 に示すようなデモンストレーションを見学していただき、導入していただくことが決まった。大学構内や病院構内、ビル内などにおいても、同様なハイビジョンシステムの需要は大きいと予想される。

#### 4) 市場動向

小型ハイビジョンカメラ、液晶ディスプレイなどのハイビジョン機器の大部分はハイビジョン端子（HDMI）を具備するようになり、現在ハイビジョン端子（HDMI）を有する機器は、世界で1億台以上の市場となっている。ハイビジョン機器間の遠隔接続に利用されれば大きな市場が期待できる。調査機関 IGI グループの調査結果では、ハイビジョンの市場拡大とともに、電気 HDMI ケーブルでは、～5メートルに限られるので、それ以上の配線には光を利用したアクティブな線路が必要とされ、光アクティブ HDMI 伝送装置の需要は、2010年度137百万ドル（～130億円）、2013年には、2000百万ドル（～2000億円）に達するとの予測がなされている。

（参考）<http://www.igigroup.com/st/pages/aoc.html>

従来ハイビジョンは、放送業界などのプロフェッショナルの専門業界での取扱が主流であり、伝送機器も特別の高価な機器が利用されてきた。最近の小型ハイビジョンカメラなどの普及により、簡便にHDカメラとHDディスプレイをリアルタイムで接続できる HDMI 接続の普及が急速に拡大したため上記の様な予想がなされるようになった。

本研究開発の成果として、ハイビジョン信号等の電氣的な限られた距離の接続を光ファイバ接続で遠距離に拡張できる光送受信器が製品化できる段階となり、この分野の市場の拡大が期待できる。

今後、さらに、光電子実装技術の高度化により、小型化経済化を進め、幅広い用途に適した製品の実現に向けて研究開発を継続する予定である。

### （3）まとめ

光ハイビジョン伝送の市場は、拡大する見通しであり、本プロジェクトで開発したリアルタイムハイビジョン光送受信器は、市場拡大を目指して、多くのお客様にデモンストレーションして、評価していただいた。小型のハイビジョン光送受信器は、特に遅れのないリアルタイムの配信が小型の装置で出来ることが高く評価された。

## 2-8 プロジェクトの管理・運営【テーマ1-8】

### (1) 本テーマの目的

本プロジェクトの管理を行い、研究開発成果を整理して、成果報告書を作成し、また、本研究の実用化に向けた到達度合いを検証し、事業化に向けた課題等の調整を行うことを目的とする。

### (2) 内容とまとめ

本プロジェクトは、事業管理者イーラムダネット株式会社が管理・運営を行い、当初予定した事業計画線表に沿って研究開発を予定通り進捗し、当初の目標を達成した。

今回のプロジェクトの研究開発開始が研究期間が短期間であり、特定研究開発認定申請書の計画の通り、次年度も改良版の研究開発を継続することを念頭に、各年度ごとに製品化を段階的に完了することを狙って研究開発した。従って、本プロジェクトにおいても、製品が販売可能な成果が得られることを目標に計画を実施した。

本テーマは各年度ごとに、リアルタイムハイビジョン光送受信装置を段階的に小型・経済化していく事業化計画であり、本年度においても製品化できる成果を達成し、次年度はさらに小型化・経済化できる研究開発計画を提案する予定である。

【テーマ1-1】【テーマ1-2】【テーマ1-3】においては、今年度の事業計画実行では、開発期間が短期であることから、光電子回路プリント基板と光分波器・合波器が分離した構成で実施し、早期に第1次製品を完成させる戦略で進め、実用に供する製品開発が出来た。

次年度においては、誘電多層膜フィルターを面発光レーザの出力部分に一体化実装する方法を提案し、一層の小型化と部品点数削減による経済化が出来る構成の研究開発を進める予定である。

### 第3章 H21年度研究開発の総括

平成21年11月9日～平成22年3月31日、約5ヶ月間の短期間の研究開発でしたが、期間内に製品化段階に達することを目標に事業計画を立案し研究開発を実施した。

また、特定研究開発認定申請書の計画の通り、次年度も改良版の研究開発を継続することを念頭に、各年度ごとに製品化を段階的に完了することを狙って研究開発した。

その結果、平成21年度は、計画通り研究開発が進捗し、2月には製品化レベルでリアルタイムハイビジョン光送受信器が完成した。それを利用した双方向光ハイビジョン伝送実験のデモンストレーションが出来た。そのデモンストレーションを大学の先生方、医師や企業の方々に見学していただいた。見学者の中からプラスチック光ファイバによるハイビジョン伝送への利用や遠隔医療への利用などの要望があり、このような個々のニーズに対応しながら、市場拡大を図る。次年度は改良版の研究開発と並行して、今回開発したリアルタイムハイビジョン光送受信装置をお客様に利用していただく予定である。

お客様からのご意見を収集し研究開発課題へフィードバックして、お客様のニーズに適したリアルタイムハイビジョン光送受信装置の研究開発を継続する予定である。