





光回路設計に必要な手続きとその意味を御確認頂き、設計に必要な期間とTO前のCAD修正の必要性を御理解頂く 設計者の言い訳です.....



目次



光回路設計の概要

- 02
- 光回路設計の手段・手法
- 03 光回路設計の課題
 - 04 光回路設計の実際 2021年度AIST試作を例にとって

99 **番外編:IOWN** コグニティブ・ファンデーションと ネットワーク3層モデル



光回路設計の流れ



個別回路試作の場合

検討デバイスの 絞り込み 電磁場シミュレーション

- ・光シミュレーション
- ・RFシミュレーション (熱シミュレーション)

パラメータ絞り && レイアウト

集積回路試作の場合

検討デバイスの 絞り込み 電磁場シミュレーション

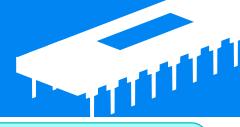
- ・光シミュレーション
- ・RFシミュレーション (熱シミュレーション)

デバイスの結合 (結合デバイスの 再シミュレー ション)

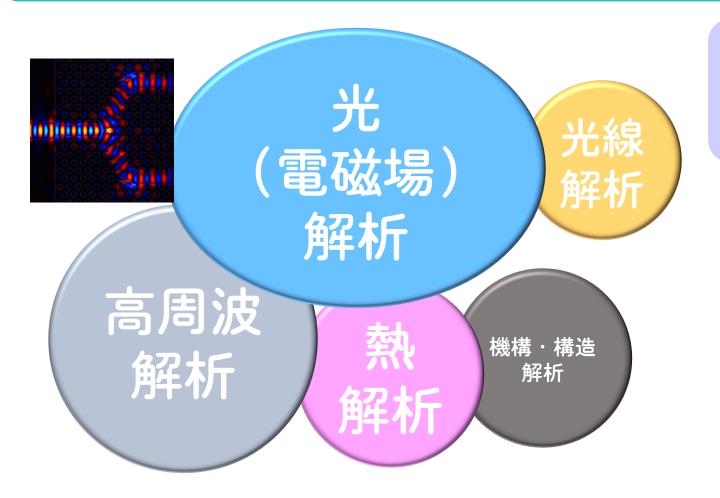
パラメータ絞り && レイアウト



各種解析設計技術



電磁場解析(シミュレーション)を中心に様々な解析が行われ、それぞれの結果を尊重しつつ、全体調和を取る必要がある(連成解析)が...



電子回路設計と事情は同じだが, 光解 析技術が成熟しきっておらず, チュー ニングに限界があるため, 全体設計で は光解析結果が優先されがち



光シミュレーション



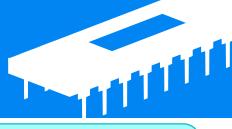
- FDTD法: Finite-Difference Time-Domain method 時間領域有限差分法
 - 電磁場の基本方程式であるマクスウェル方程式をひたすら解く方法
 - ・ 対象デバイスに制限は無い
 - 計算リソース(CPU, メモリ, マシンタイム)がかかる(かかりすぎる)
 - ・ 大事なデバイスは全部FDTD
- BPM:Beam-Propagation Method ビーム伝搬法
 - ・ 有限要素法(に近い)
 - 大きな屈折率差があるモデルには適用できない(正確な計算が出来ない)
 - ・ 計算リソースはFDTDよりは少ない
 - AWG等の大型デバイスに限り適用
- FMM法:Film-Mode Matching Method フィルムモードマッチング法
 - 有限要素法
 - **・** 大きな屈折率差があるところはより細かく,そうでないところは大雑把に計算可能
 - ・ 計算リソースはFDTDよりは少ない
 - FDTDとのクロスチェック

SiPhで主流派

石英PLCや化合物半導体 で主流派

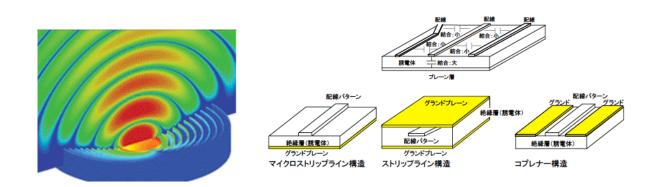
SiPhではマイナーだが 欧州では少し使われている NTTではFDTDと同じくらい主流

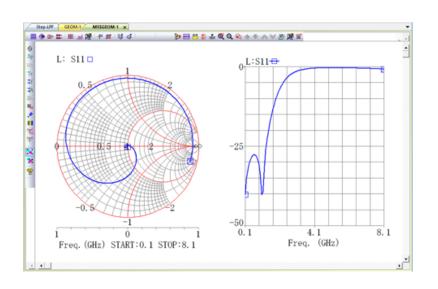
RFシミュレーション



通信デバイスでは高周波信号が必須であり,高周波解析(RFシミュレーション)が 欠かせない

SiPh光高周波デバイス(変調器,受光器)はデバイス開発要素が多く,シミュレーションに加え(よりも),製造・評価による繰り返し設計の比重が高いのが実情だと思います



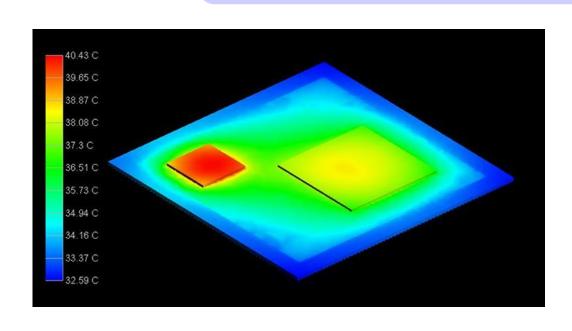


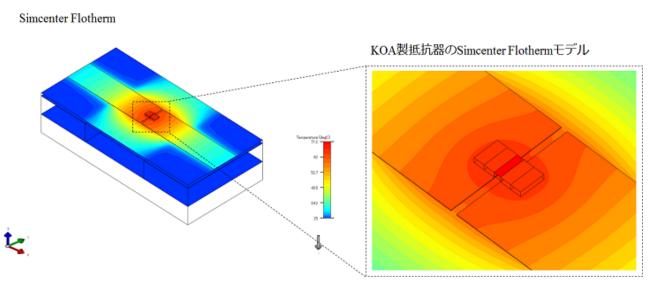
熱シミュレーション



(通信デバイスのみならず、センサデバイスでも)干渉計を含む回路は、位相のトリミング(調整)にヒータが不可欠であり、熱解析は必須

熱解析はシミュレーションが枯れており、極めて有効に機能する





設計レビュー (DR)



各分野の設計担当者が一堂に会し、主張を述べるとともに意見をもらって自らの 設計を見つめ直す機会

【周知】

- ・ 試作の目的
- 区画割
- ・ スケジュール

【持ち寄り】

- ウィッシュ リスト
- · 予備検討結果

すったもんだ

【持ち寄り】

- 詳細検討結果
- パラメータ案 (フットプリント)

すったもんだ

【提示】

- · 全体図
- パラメータ案 (フットプリント)

1次シミュレーション

2次シミュレーション

レイアウト(次頁)

縄張り争い

裏付け捜査

容疑者確保

取り調べ

調書作成

レイアウト



クリティカルデバイスのパラメータ数

問題切り分け用のTEG

"次の試作は出来ない ことも考えよ"

測定セットアップとの整合性 光ファイバとRFプローブの干渉 測定精度 ▽

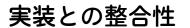
> 伝搬損失・過剰損失の評価に 必要なデバイス長・個数 光減衰器の評価に必要な減衰量

既存装置(部品)との整合性 光入出力 SSC GCの位置 型

SSC, GCの位置, 間隔 電気入出力

電極パッドの位置、間隔

必要があれば、ファイバアレイの 新規設計・発注、プローブの新規発注



光ファイバアレイ接続強度確保の ためのスペース ワイヤボンディングに必要な パッドサイズ クロスワイヤ, ロングワイヤ回避の ためのパッド配置

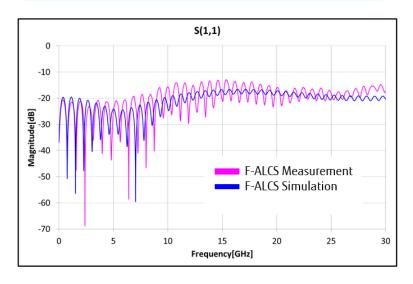




とにかく弱い



電子回路では-10dB(1/10)の反射 があっても,誰も文句を言わない



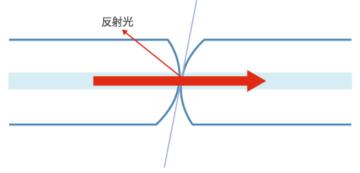
ある電気接続の反射特性

光回路では-40dB(1/10,000)の反射であることが当たり前のように求められる

光接続の反射仕様

アホか?

研磨方法	端面形状	反射減衰量	特徴
PC研磨 (Physical Contact)	ほぼ何	吏われて	ファイハのコア同士がよく密着するようにフェルール端面を球面に 研察する接続部での反射を小さくした研磨。フェルール同士をばね と押し入い密着させます。
SPC研磨 (Super PC)		40dB以上	PC研磨後、更に低反射研磨を行い反射減衰量を40dB以上に向上させた研磨。
UPC研磨 (Ultra PC)		50dB以上	PC研磨後、更に低反射研磨を行い反射減衰量を50dB以上に向上させた研磨。
APC研磨 (Angled PC)		60dB以上	フェルール端面を斜め球面上に研磨して反射光をファイバ外部に放射させることで反射を極めて小さくした研磨(図3.参照)。通常、8°の角度で研磨します。

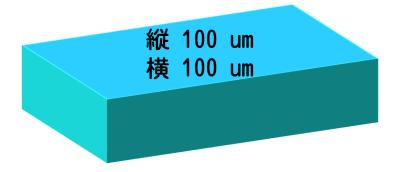


斜めになっているので、反射光があってもファイバ外へ放射され、元の方向に戻らない。

バカ高い



通常は,25~40 nmメッシュで計算 物質中の波長 1550 nm / 4 ≒ 400 nm その1/10くらい



厚さ 4 um (アンダークラッド 2 um オーバークラッド 2 um)

100 / 0.04 = 2,500 100 / 0.04 = 2,500 4 / 0.04 = 100 625 M メッシュ

電場 x方向 前時点 電場 y方向 前時点 電場 z方向 前時点 磁場 x方向 前時点 磁場 y方向 前時点 磁場 z方向 前時点 電場 x方向 現時点 電場 y方向 現時点 電場 z方向 現時点 磁場 x方向 現時点 磁場 y方向 現時点 磁場 z方向 現時点 誘電率 13変数

それでもシミュレーション できるのは全体の僅か4万分の1

> ハーフレチクル 25 mm × 16 mm

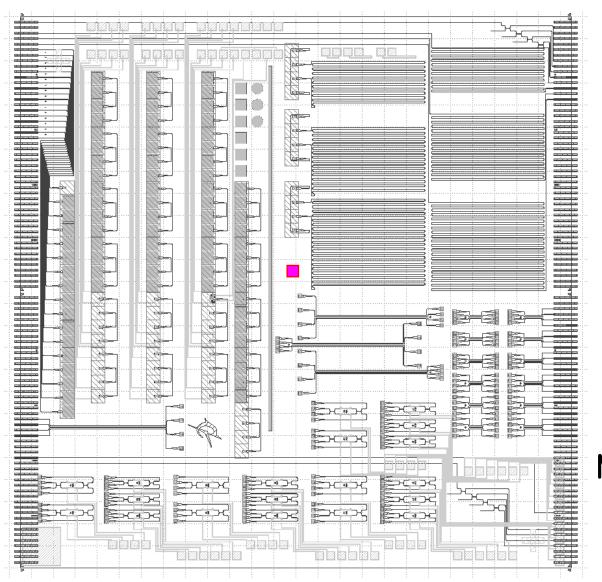
倍精度浮動小数点 8バイト

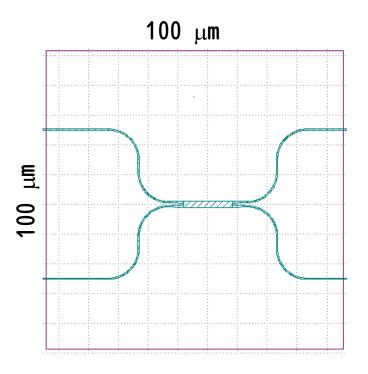
625 M × 8 × 13 = 65 Gバイト

現在のハイエンド計算機の限界に近い

5mm□であっても1/2,500



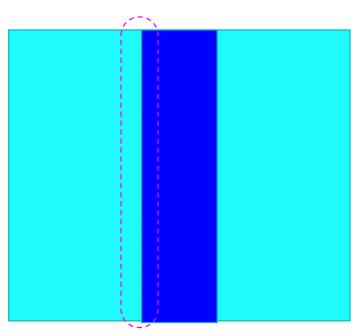


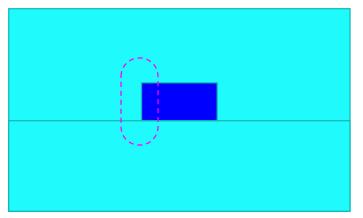


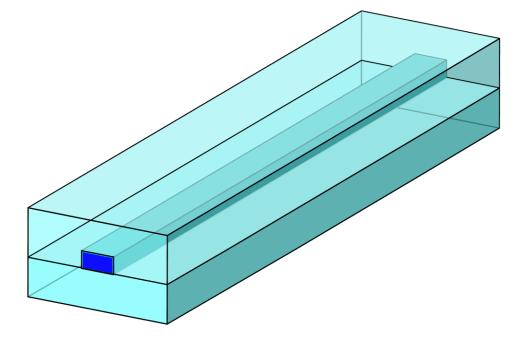
MMI 一個がやっとシミュレーションで きるくらい

・側壁ラフネスを言い出すと…









厚さ 250 nm × 縦 2 um × 横 250 nm

250 × 2000 × 250 = 125 M メッシュ

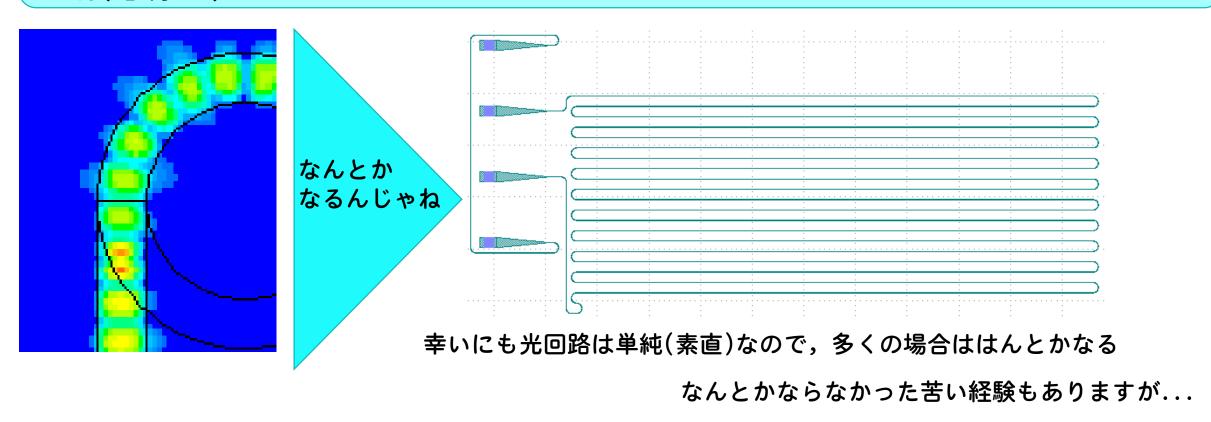
で、計算できる損失は 1/10,000 ~ 1/1,000 dB程度

13 Gバイト

じゃあどうしているのか



大切なところ(わがままなところ)を丹念に解析(シミュレーション)して,あとは理論(想像力)で埋める



飛躍のとき



複合光回路のシミュレーション環境が各 社より提供され、整いつつある

デバイス全体

解析結果を統合

複合デバイスa

複合デバイスb

複合デバイスg

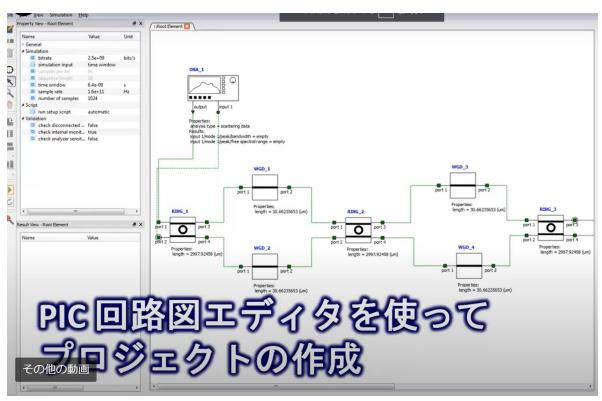
個別 デバイスZ 熱解析

解析結果を統合

個別 デバイスA 光解析

個別 デバイスB 光解析 個別 デバイスY 光解析 個別 デバイスZ 光解析

FDTDで解析



https://www.youtube.com/watch?v=6MPKTsn7S5U&t=43s

計算の効率化



情報工学的ア

スパース行列演算の活用 LUTと専用演算器の実装

などによる演算処理の高速化

单精度浮動小数点演算 長整数演算

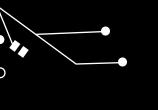
などによる演算処理の簡素化

GPUとレンダラーの利用

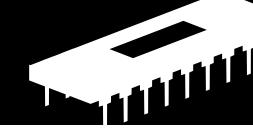
などによるデータの簡易補間







スケジュール



Sun	Mon	Tue	Wed	Thu	Fri	Sat
4/4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15 DR1	16	17
18	19	20 CAD	21	22 FB1	23	24
25	26 S	27 Simulation	28	29 DR2	30	5/1
2	3	4	5	6 <u>C</u>	7 <mark>AD</mark>	8
9	10	11 DRC	12	13	14 TO	15

DR1: wish list

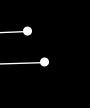
FB1: layout

DR2: final decision

DR: design review

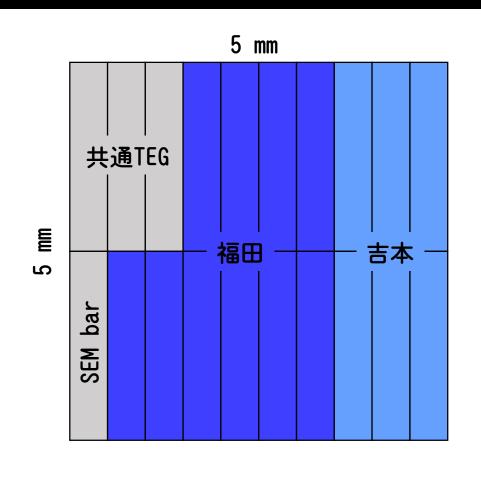
T0: tape-out

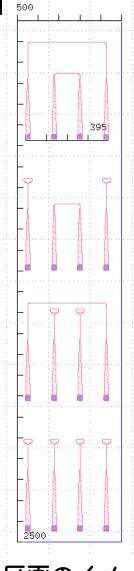
DRC: design rule check



1st DR資料より



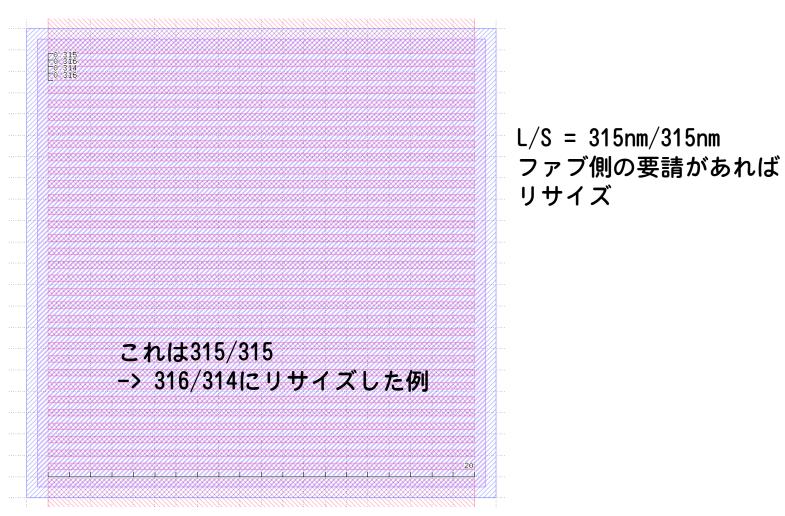




一区画のイメージ







Grating couplerの基本構成



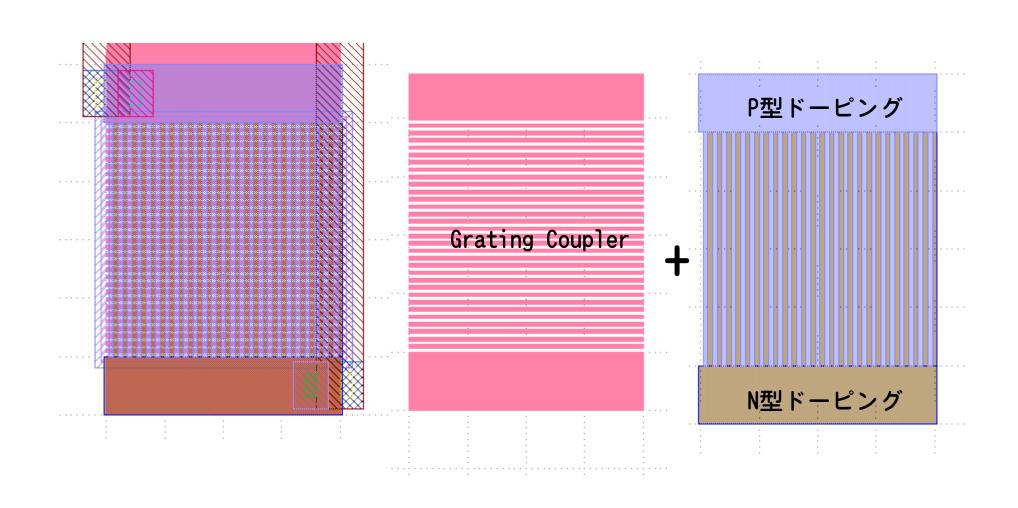


#	デバイス	区画数	用途
1	標準GC	1	参照
2	GC w/ SiPD A	2	比較対象
3	GC w/ SiPD B	2	比較対象
4	GC w/ Hologram A	1	研究対象
5	GC w/ Hologram B	1	研究対象
6	GC w/ Hologram C	1	研究対象

#	デバイス	区画数	用途
1	MMIカスケード	1	参照
2	MZI w/ heater	1	

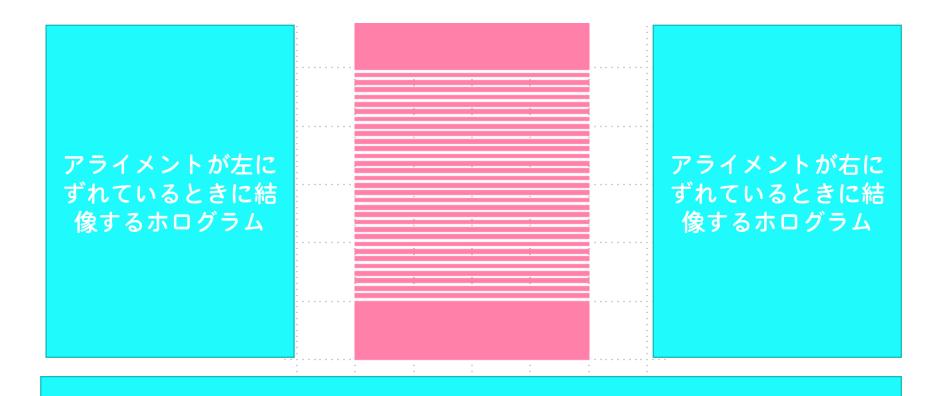
1st DR資料より



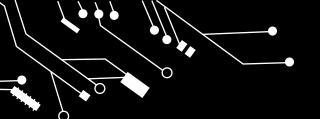








アライメントが下にずれているときに結像するホログラム



1st DR資料より



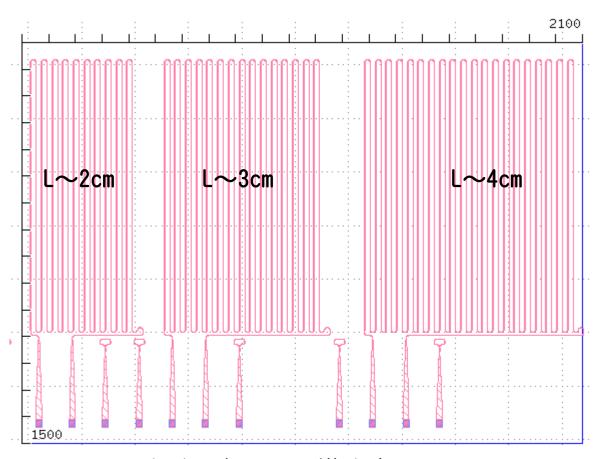
アライメント が左にずれて いるときに 結像する ホログラム アライメント が右にずれて いるときに 結像する ホログラム

アライメントが下にずれているときに 結像するホログラム

アライメントが大きくずれているときに結像するホログラム







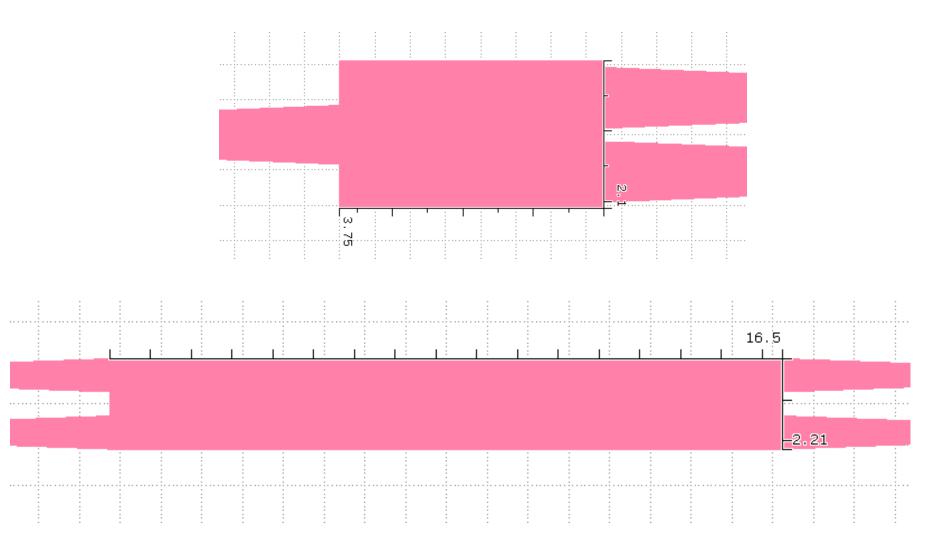
SEM bar

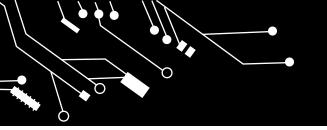
Waveguide
GC
heater
エントリ募集
エントリ募集

損失評価用長尺導波路

2nd DR資料より

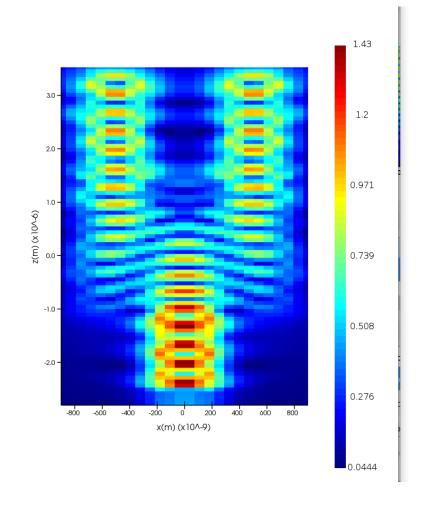


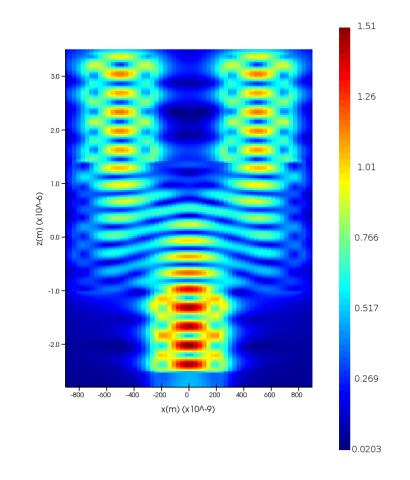


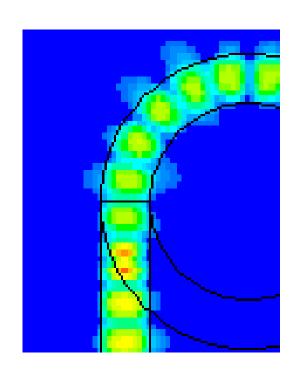


2nd DRで提示する シミュレーション結果





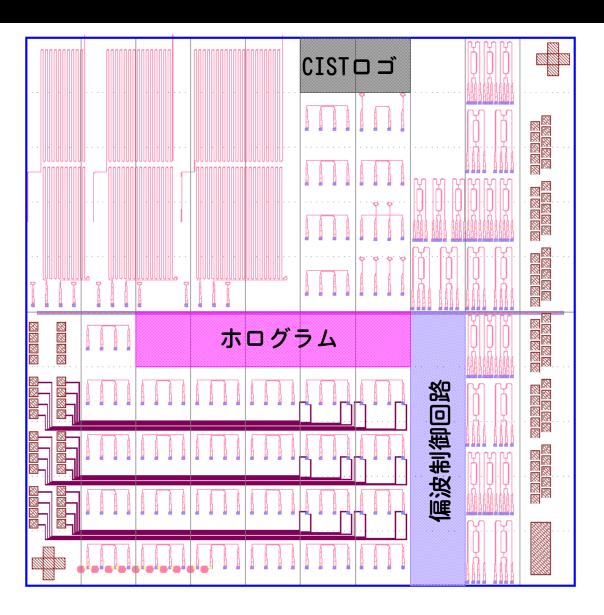


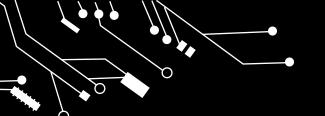




2nd DR資料より

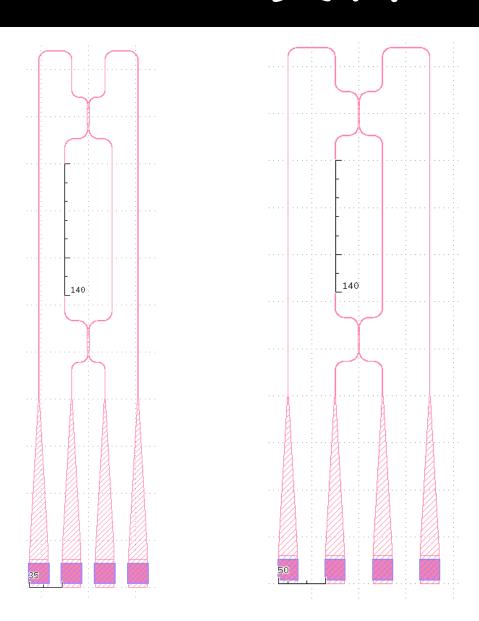






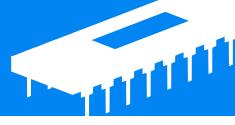
2nd DR資料より







コグニティブ・ファンデーション

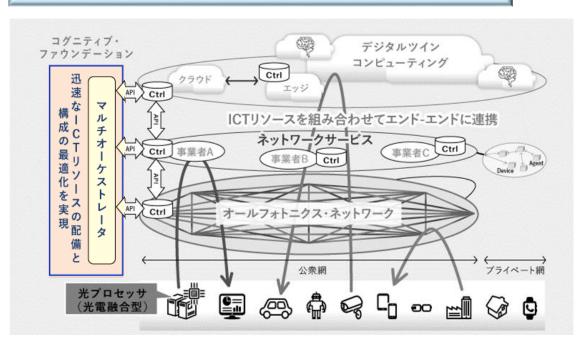


コグニティブ・ファウンデーションは、あらゆるICTリソースを全体最適に調和させて、必要な情報をネットワーク内に流通させる機能を担う

マルチオーケストレータが、クラウドやエッジをはじめ、 ネットワーク、端末まで含めて様々なICTリソースを最適 に制御することで、ニーズにこたえるオーバレイソ リューションの迅速な提供をめざす



AI関係のコラボレーション プラットフォーム IOWNの複雑な制御を マルチオーケストレータが一手に引き受ける



(実績ある)キー技術は AIをフル活用した,リソースの柔軟な自動割り付け



オ

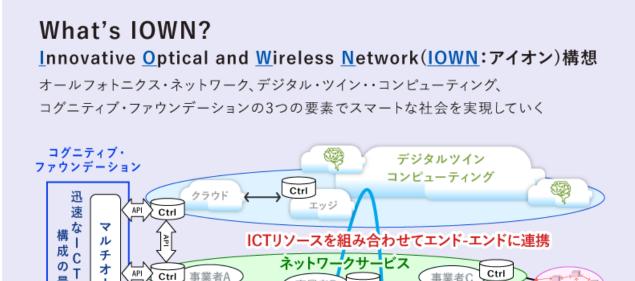
光プロセッサ

Ctrl 事業者A

Ctrl

)最適化を実現
エリソースの配





ネットワークサービス

公衆網

事業者B

Ctrl

、 ブライベート網

事業者C

NTT IOWN総合イノベーションセンタ

- NTTネットワークイノベーションセンタ
- NTTソフトウェアイノベーションセンタ
- NTTデバイスイノベーションセンタ

NTTサービスイノベーション総合研究所

- NTT人間情報研究所
- · NTT社会情報研究所
- NTTコンピュータ&データサイエンス研究所

NTT情報ネットワーク総合研究所

- NTTネットワークサービスシステム研究所
- ・NTTアクセスサービスシステム研究所
- NTT宇宙環境エネルギー研究所

NTT先端技術総合研究所

- NTT未来ねっと研究所
- NTT先端集積デバイス研究所
- NTTコミュニケーション科学基礎研究所
- · NTT物性科学基礎研究所

コグニティブ・ファンデーション





C ○ 「 ← V ○ AI関係のコラボレーションプラットフォーム



Agent-Al



Heart-Touching-Al



Ambient-Al

...........



Network-Al

NTT IOWN総合イノベーションセンタ

- NTTネットワークイノベーションセンタ
- . NTTソフトウェアイノベーションセンタ
- . NTTデバイスイノベーションセンタ

NTTサービスイノベーション総合研究所

- NTT人間情報研究所
- NTT社会情報研究所
- NTTコンピュータ&データサイエンス研究所

NTT情報ネットワーク総合研究所

- ・NTTネットワークサービスシステム研究所
- ・NTTアクセスサービスシステム研究所
- NTT宇宙環境エネルギー研究所

NTT先端技術総合研究所

- NTT未来ねっと研究所
- NTT先端集積デバイス研究所
- NTTコミュニケーション科学基礎研究所
- · NTT物性科学基礎研究所



次回以降のテーマ案

- 1. 光回路評価(手順,装置,課題など)
- 2. PCM (Process Control Module)
- 3. PDK (Process Design Kit)
- 4. ファウンダリ
- 5. ナノフォトニクス(プラズモニクス,フォトニック結晶)
- 6. リクエスト募集
- 7. 過去のテーマでもう一度聞きたいモノ

ほかにもご要望がありましたらお寄せください