

「低損失オプティカル新機能部材技術開発」 事後評価 第1回分科会

公開

「研究開発成果について」 「実用化、事業化の見通しについて」

全体概要

プロジェクトの目的

- ◎近接場光の原理・効果を用い、従来の材料特性のみに依存した光学素子では不可能な機能・性能を持つ新規光機能部材を創出する。
- ◎低損失オプティカル新機能部材として、ナノ構造を用いた偏光制御部材を開発すると共に、ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術について検討し機能を確認する。
- ナノ寸法構造体実用化に適した作製技術を開発する。

研究開発内容

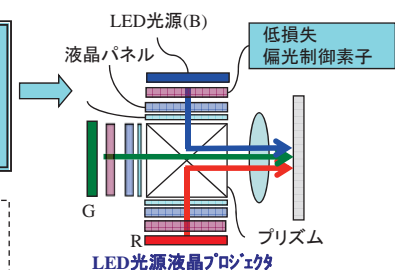
①基盤技術研究開発

- (1)ナノ構造部材シミュレーション技術
- (2)ナノ構造部材作製技術
- (3)ナノ構造部材評価技術
- (4)ナノ構造部材新機能応用技術

②ナノ構造を用いた偏光制御部材

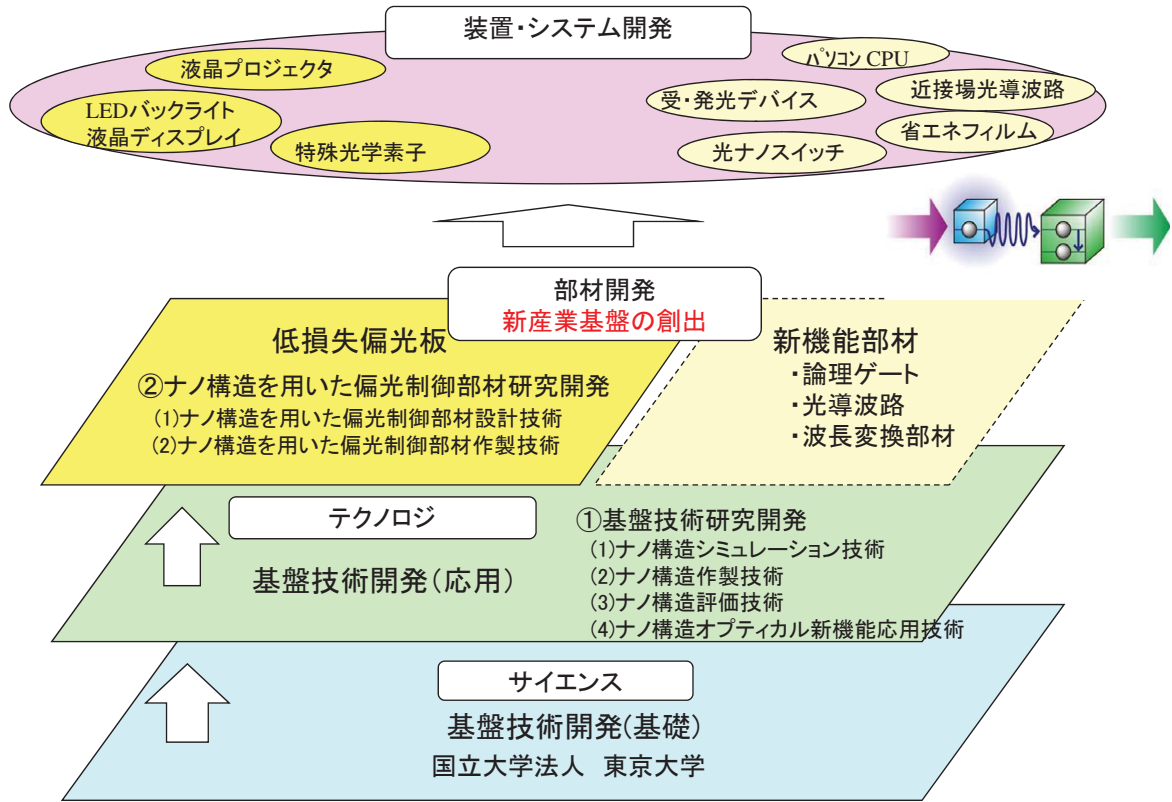
- (1)設計技術
- (2)作製技術

- ・光論理ゲート
- ・近接場光導波技術



部材としての出口

- ◎ナノ構造を用いた偏光制御部材(赤、青、緑、各波長領域において透過率75%、消光比1:2000(33dB))の開発。
- ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術として光論理ゲートと近接場光導波技術について検討し、機能を確認。



基本計画に書かれた達成目標

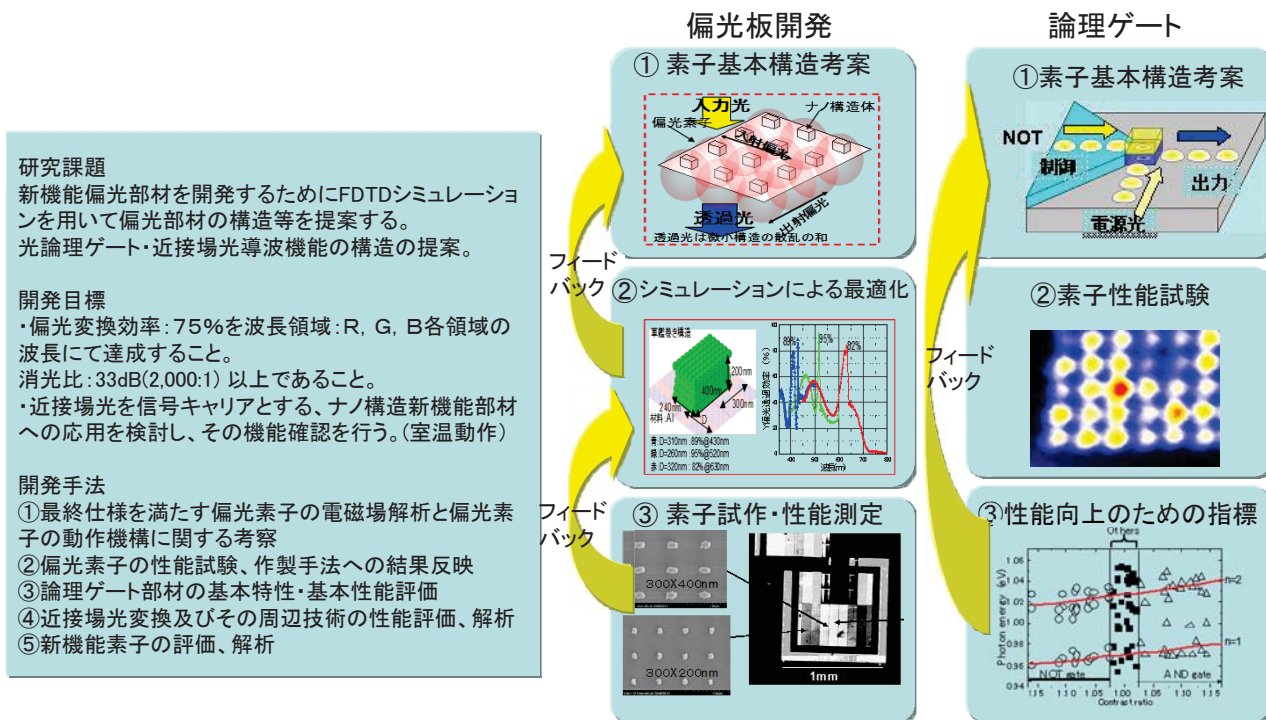
基盤技術研究開発

達成目標
(1) 近接場光領域と伝搬光領域を統合した光学シミュレーション技術を開発し、低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を基盤設計する。
(2) 数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作成技術を開発する。
(3) 100nm以下の分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。
(4) 近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、平成20年度までに機能と構造を明確にし、平成22年度までにその機能確認を行う。

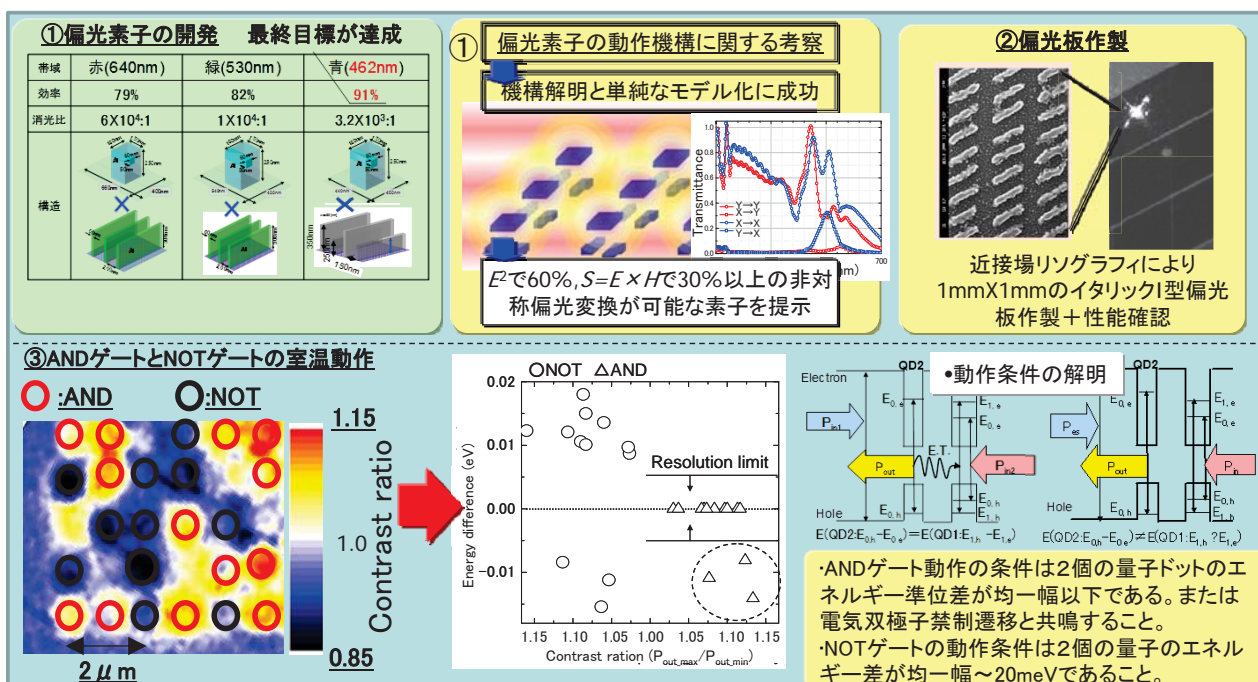
ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発

達成目標
(1) 低損失偏光制御部材における局所領域の光学特性計算手法を開発し、最適構造を設計する。
(2) 平成20年度までに、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。その中から、要素技術を取捨選択融合し、平成22年度までに赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1:2,000(33dB)が得られる偏光制御部材を試作し、機能を実証する。

基盤技術研究開発: 基盤・基礎(東京大学)
研究開発概要



基盤技術研究開発: 基盤・基礎(東京大学)
研究開発成果



基盤技術研究開発: 基盤・基礎(東京大学)
最終目標の達成度

最終目標	成果	達成度	今後の課題
消光比: 33dB(2,000:1)以上、偏光変換効率: 75%を波長領域: R, G, B各領域の波長にて達成すること。	FDTDシミュレーションによって <u>R:効率79%、消光比48dB</u> <u>G:効率82%、消光比40dB</u> <u>B:効率91%、消光比35dB</u> を達成する偏光板の構造を提案した。偏光変換の原理を解明し、それに基づいた構造によって、従来技術では不可能であった基底偏光間の非対称変換を可能にした。	○	実用化のために作製コスト、歩留まり等に配慮した設計が今後必要である。
近接場光を信号キャリアとする、ナノ構造新機能部材への応用を検討し、その機能確認を行う。(室温動作)	垂直に配列させた2個の量子ドットからなる <u>世界最小、最小動作エネルギーの光論理ゲート</u> を設計し、 <u>室温動作</u> に成功した。また、動作状態と量子ドットのエネルギー準位の関係を調査し、動作のために量子ドットに必要とされる条件を明らかにした。	○	素子の歩留まり向上、集積回路としての機能構築のためにアニーリング等、後処理工程の開発が必要

達成度: ○達成、×未達

基盤技術研究開発: ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術
研究開発概要

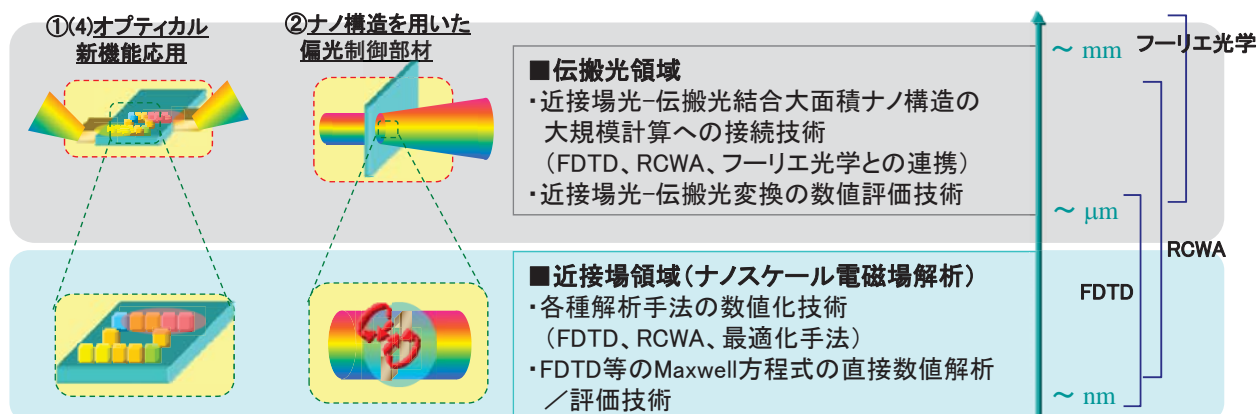
■研究内容

低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を基盤設計するため、

- ・最適ナノ構造設計の高効率化: FDTD(Finite Difference Time Domain)法に最小2乗近似や遺伝的アルゴリズム等の最適化手法導入
- ・ナノ領域における物質と光の相互作用から、伝搬光領域での光学特性を数値計算

■開発目標(平成20年度)

- ①近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術を開発
- ②シミュレーションにて透過率75%、消光比1:2,000(33dB)を達成する偏光制御部材の基本構成を提示



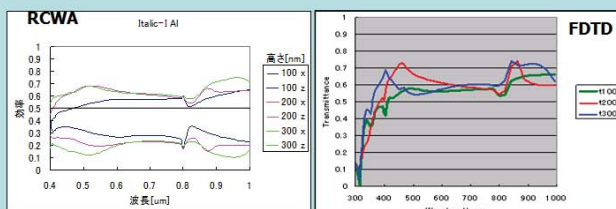
基盤技術研究開発: ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術
研究開発成果

① 基盤技術研究開発: ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術

○FDTD高速化手法: モデルにおいて誘電体領域と金属領域を分離し、誘電体領域での金属応答計算をスキップすること等の施策により2倍以上の高速化を実現。

メッシュ数	計算ステップ数	処理時間(sec)		処理速度倍率
		2008.03バージョン (P.0203)	2009.03バージョン (P.0204)	
40x30x125	250	20.416	6.020	3.39
40x30x250	500	63.576	21.506	2.96
40x30x500	1000	225.588	82.876	2.72

○基本構造での偏光透過率計算:
Z字構造やItalic I構造など各種金属ナノ構造モデルについて、FDTDおよびRCWAシミュレーションに基づいた伝播光領域の偏光状態の解析を行い、AuのItalic I構造にて偏光透過率60%以上を確認した。また、近接場光領域と伝搬光領域での統合シミュレーションを実現した。

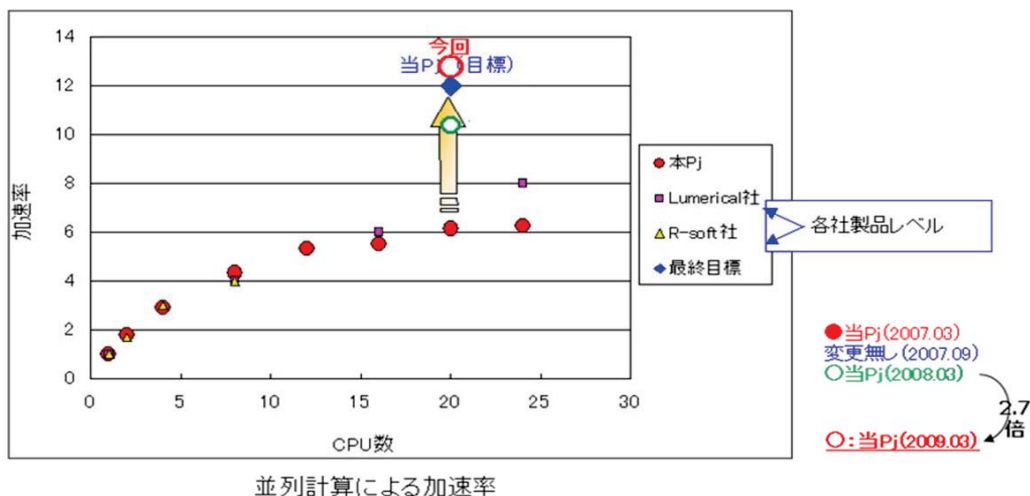


基盤技術研究開発: ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術
最終目標の達成度

最終目標	成果	達成度	今後の課題
近接場光領域と伝搬光領域を統合したシミュレーション技術を開発する。	FDTD法により算出した近接場光領域でのナノ構造の電磁界分布を用い、解析計算により伝搬光領域(遠方場)における大域的な光学特性を算出する技術を開発した。	○	構造最適化技術との融合(逆問題解析への適用)
シミュレーションにより、偏光制御部材の基本構成を示し、目標値である透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の達成に目処をつける。	偏光制御部材の基本構成(Italic-I型、Z型、非対称直方体型)により、偏光透過率が60%を超えることを、本テーマで開発したシミュレーション技術により確認した。	○	本開発成果の偏光制御部材設計技術開発への展開

達成度: ○達成、×未達

基盤技術研究開発: ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術
成果のベンチマーク



基盤技術研究開発: ナノ構造部材作製技術
研究開発概要

■ 研究内容

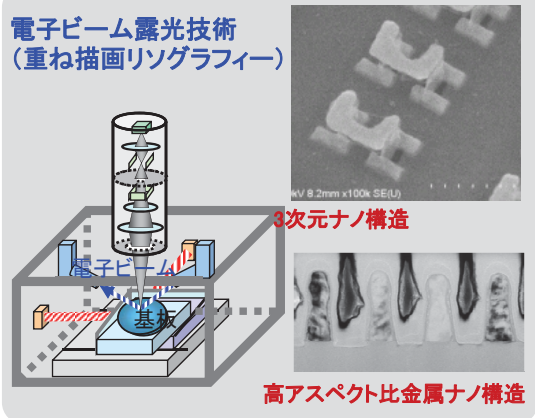
偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応するサイズ数十nmレベルの ナノ構造部材を作製するため、

- ・電子ビーム露光技術、RIE技術、MBE技術、ウェットプロセスや微細構造材料技術等を組み合わせたナノ構造部材作製要素基盤技術を開発する。

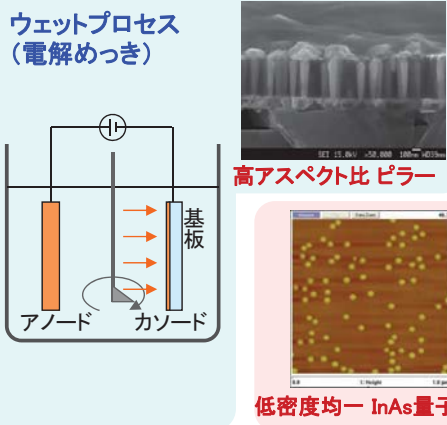
■ 開発目標

- ・最終目標: 数十nmレベルの偏光板等、オプティカル新機能部材の仕様に対応した材料と加工精度のナノ構造部材作製技術を開発する。

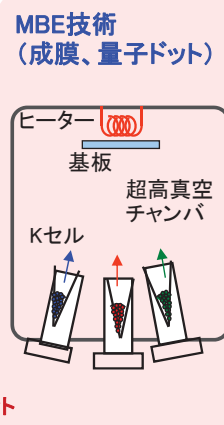
電子ビーム露光技術
(重ね描画リソグラフィー)



ウェットプロセス
(電解めっき)



MBE技術
(成膜、量子ドット)

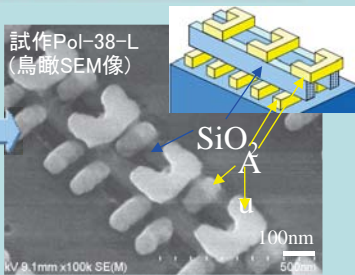
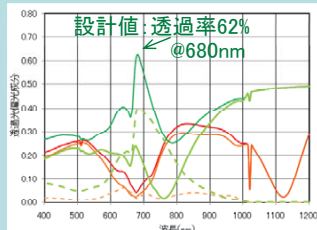


基盤技術研究開発: ナノ構造部材作製技術
研究開発成果

◇ 高アスペクト・3次元ナノ構造対応、ナノ構造部材作製技術

○ 3次元ナノ構造「ヘンテナ」偏光変換素子

無偏光入射透過偏光成分:
0次光+(±1,0)次光

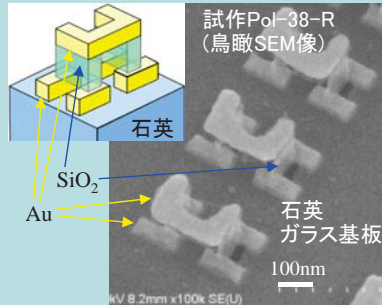


○ 高アスペクト偏光選択素子



実測値	試作Pol-35	市販品
波長	透過率	消光比
B(465nm)	90%	1:420
G(520nm)	92%	1:560
R(627nm)	92%	1:1200

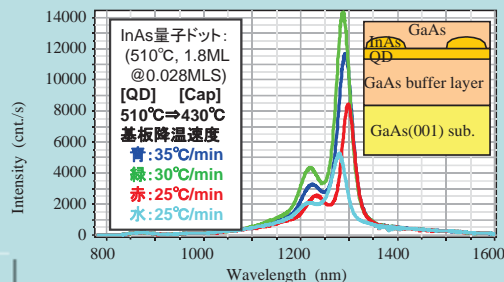
高消光比[RGBで1:400以上]
偏光選択素子の試作



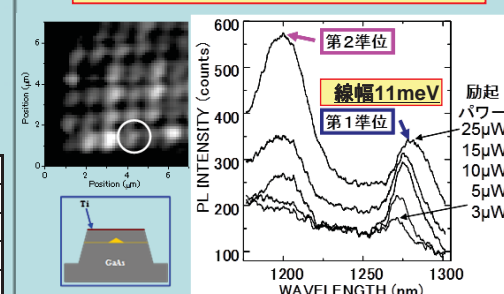
Au/SiO₂/Au 3層3次元ナノ構造
回折光利用型偏光変換素子の試作

◇ 化合物半導体量子ドット作製技術

○ 光論理ゲート室温動作に最適な構造



InAs量子ドット: 2.5倍強度の室温PL発光

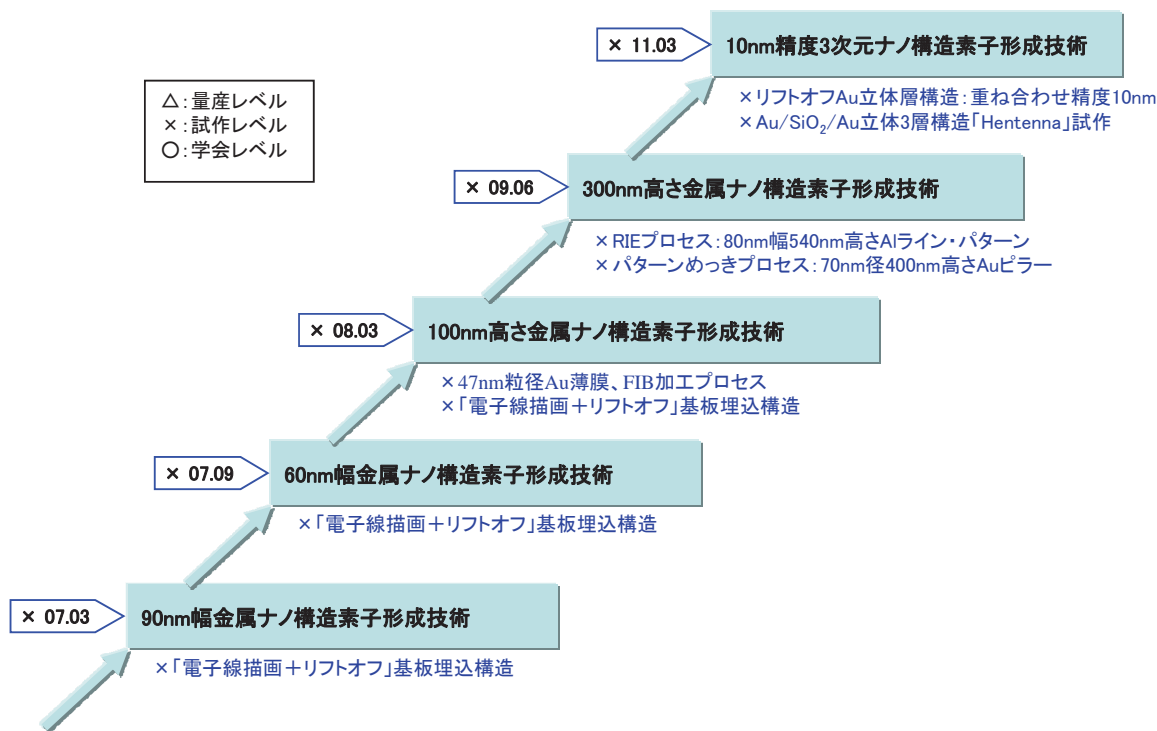


基盤技術研究開発: ナノ構造部材作製技術
最終目標の達成度

最終目標	成果	達成度	今後の課題
数十nmレベルの偏光板等、 オプティカル新機能部材の 仕様に対応した材料と加工 精度のナノ構造部材作成 技術を開発する。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 寸法50nm、精度10nm以下の3次元ナノ構造素子形成技術と消光比1:10000対応微小領域光学特性評価法を開発した。 ・ RGB全波長で偏光透過率90%以上&消光比1:400以上のAl製偏光選択素子、および、無偏光入射に対する偏光透過率53%のAu/SiO₂/Au 3層3次元ナノ構造回折光利用型「H-antenna」偏光変換素子を設計し、試作した。 ・ 光論理ゲート・化合物半導体量子ドットの形成技術を開発した。 ・ InAs量子ドット埋込み時のCap層形成条件最適化により、30~40nm径の均一な量子ドットを形成し、大変強いPL発光を室温で観測した。さらに、メサ構造単層量子ドットの顕微PL観察で、世界最小線幅の第一準位室温発光(半値幅11meV)を確認した。 	○	本プロジェクトで開発したナノ構造部材作製技術を実用化開発へ適用していくこと

達成度: ○達成、×未達

基盤技術研究開発: ナノ構造部材作製技術
成果の進展



基盤技術研究開発: ナノ構造部材評価技術
研究開発概要

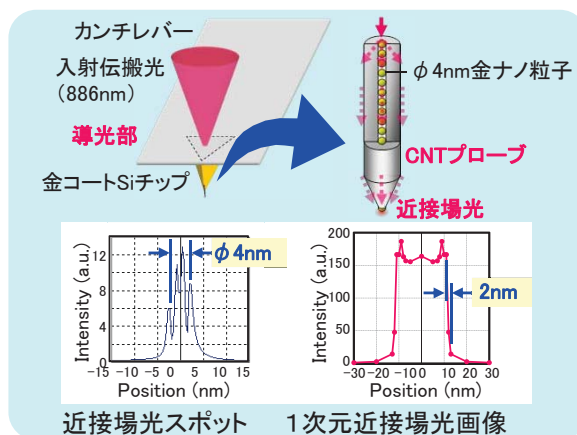
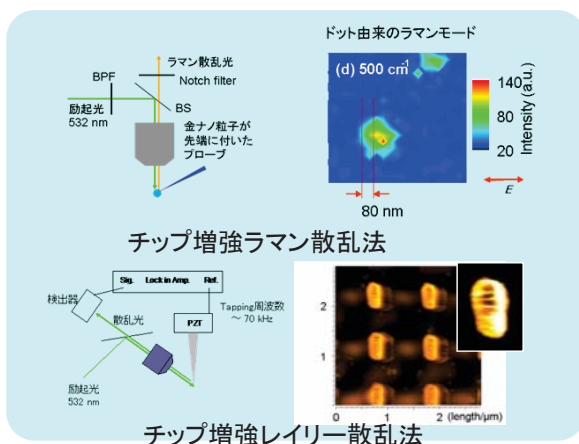
■ 研究内容

低損失偏光板等、オプティカル新機能部材の基本となるナノ構造を評価するため、

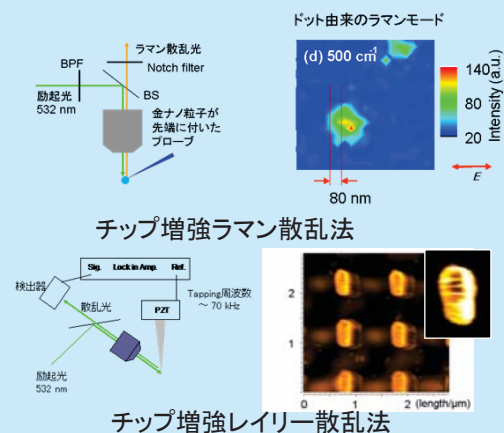
- ・ナノ構造部材に発現する近接場光の特性を理解する高分解能のラマン分光法等を開発し、これをベースにプラズモンの状態を評価する技術を開発する。
- ・ナノ構造部材の光学・形状特性を評価する高分解能光ナノプローブを提案し、ナノメートルオーダーの分解能を検証する。

■ 開発目標(最終目標)

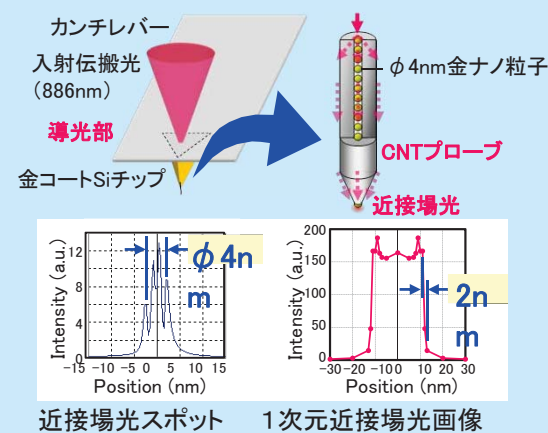
- ①100nm以下の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術の開発する。
- ②高分解能光ナノプローブに関し、ナノメートルオーダーの分解能の可能性を検証する。



1. チップ増強ラマン散乱法、発光法、レイリー散乱法でプラズモン分布を評価する手法を提案し、空間分解能はレイリー散乱法で約13nmである事を確認した。

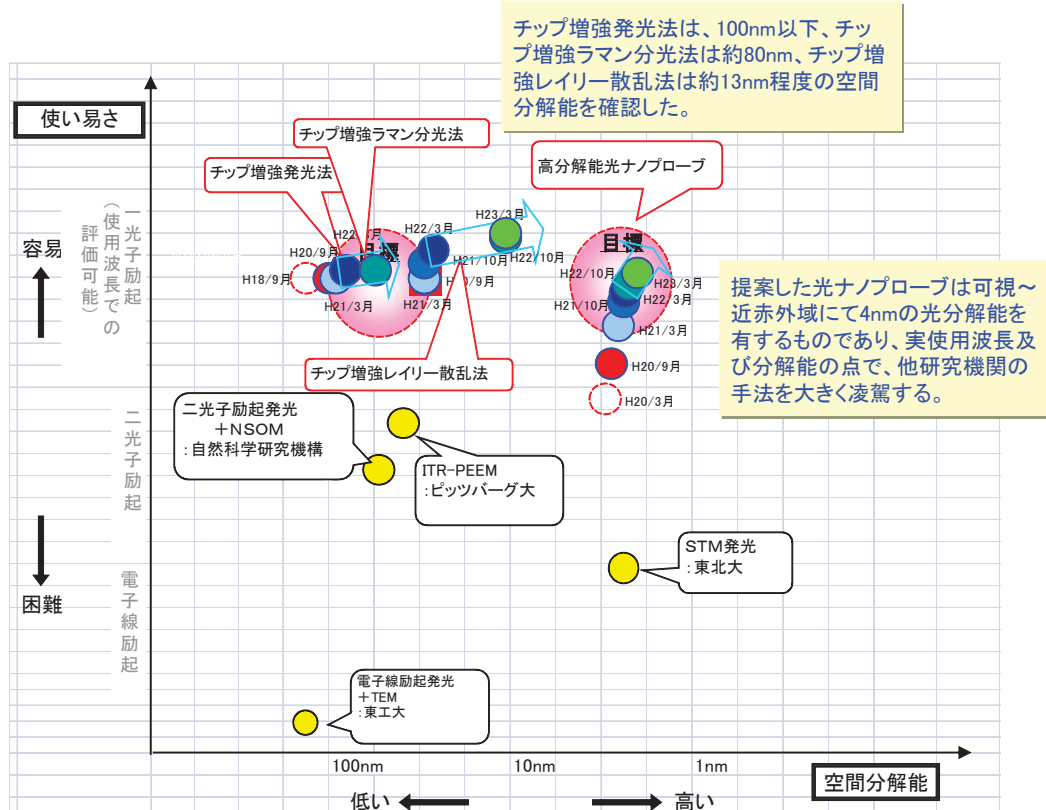


2. 金ナノ粒子を充填したCNTプローブと金コートSiチップから成る導光部を提案し、φ4nmの近接場光スポットと2nmの空間分解能を理論検証した。



最終目標	成果	達成度	今後の課題
①100nm以下の空間分解能を持つ二次元プラズモン評価技術を開発する。	①チップ増強効果を用いたラマン散乱法、発光法、レイリー散乱法で開発し検証を行った結果、チップ増強発光法で100nm以下、チップ増強ラマン散乱法で約80nm、チップ増強レイリー散乱法で約13nmの空間分解能を確認した。	○	①最終目標を達成した。
②高分解能光ナノプローブに関し、ナノメートルオーダーの分解能の可能性を検証する。	②φ4nmの金ナノ粒子を充填したカーボンナノチューブ(CNT)プローブと、金コートSiチップから成るプラズモン導光部を提案し、波長886nmにて、φ4nmの近接場光スポットと、2nmの空間分解能を理論検証した。	○	②実用化にあたっての技術課題は、1)金属ナノ構造充填CNTプローブ、2)高効率導光部、及び3)高効率散乱光検出光学系であるが、いずれも2~3年以内で十分実現可能である。

基盤技術研究開発: ナノ構造部材評価技術
成果のベンチマーク



基盤技術研究開発: ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術
研究開発概要

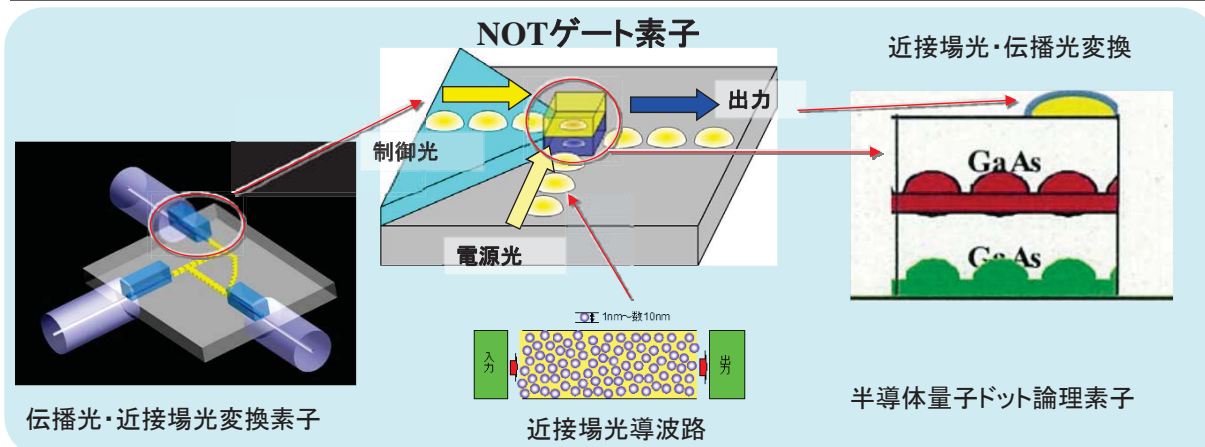
■ 研究内容

ナノ構造部材に発現する近接場光の機能を動作原理とする新規な光機能部材を開発する。

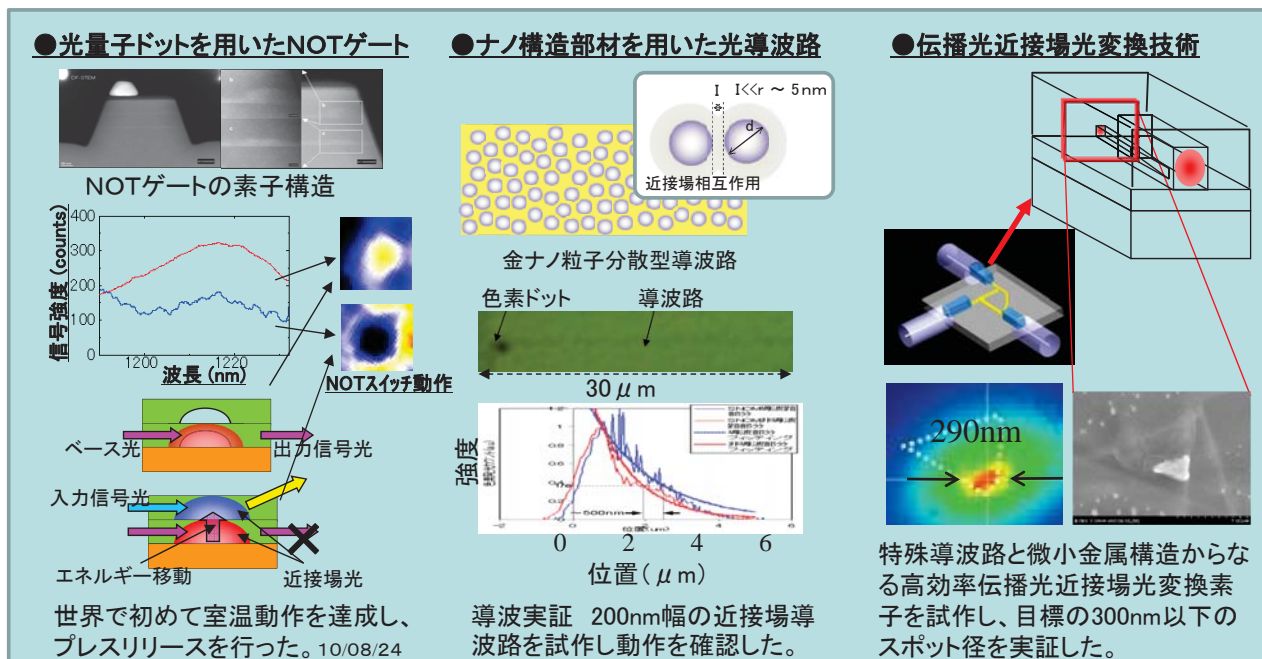
- ・ 近接場光を信号キャリアとする光論理ゲート素子の機能を確認する。
- ・ 数十nm以下のナノ粒子等を用いて近接場光導波機能等を確認する。
- ・ 伝播光と近接場光、近接場光と伝播光の変換技術を検討し機能を確認する。

■ 開発目標 (平成20年度)

- ① 光論理ゲート素子に最適な構造を明らかにする。
- ② 近接場光導波機能素子の機能を実現するための構造を明確にする。
- ③ 伝播光と近接場光との変換素子の加工要素技術を確認する。



基盤技術研究開発: ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術
研究開発成果

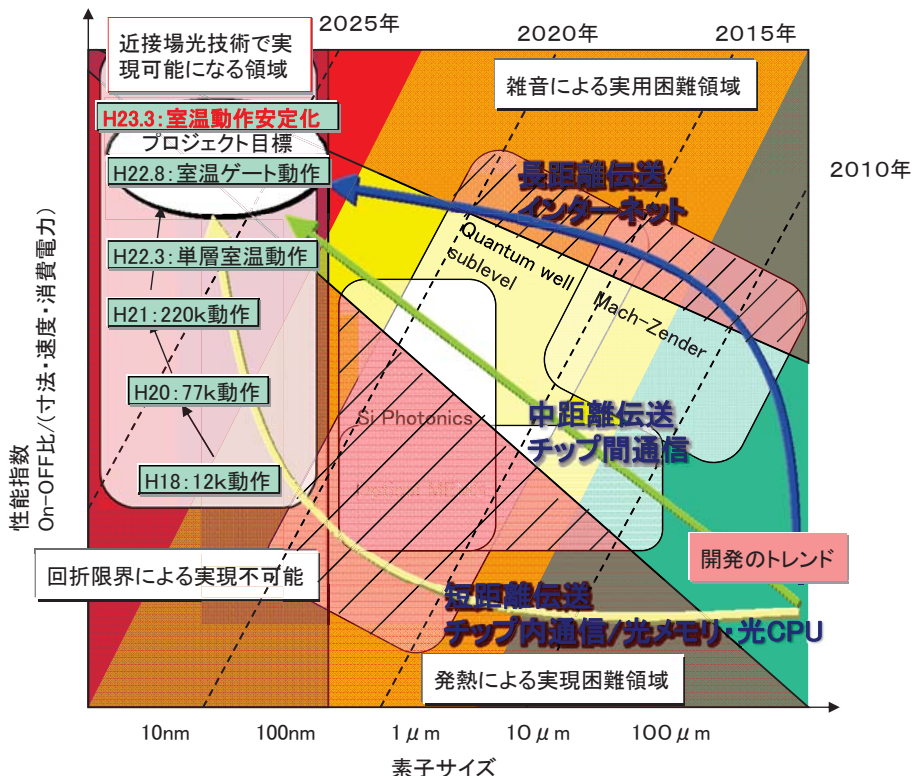


基盤技術研究開発: ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術
最終目標の達成度

最終目標	成果	達成度	今後の課題
・近接場光を信号キャリアとする光論理ゲート素子の機能を確認する。	・室温動作に世界で初めて成功した。	○	・安定した作製方法の確立 (継続研究にて実施中)
・近接場光導波機能素子の機能を実現するための構造を明確にする。	・数十nm以下のナノ粒子等を用いて近接場光導波機能を確認した。	○	・異なる波長への対応 (継続研究にて実施中)
・伝播光と近接場光、近接場光と伝播光の変換技術を検討し機能を確認する。	・SSCの端面にプラズモンプローブを設けた伝播光-近接場光変換デバイスについて、SNOMプローブを含むFDTDシミュレーションを実施した。 ・シミュレーションで実験値に近い、300 nm以下の近接場スポット形状を再現した。	○	・シミュレーション結果の実証

達成度: ○達成、×未達

基盤技術研究開発: ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術
成果のベンチマーク



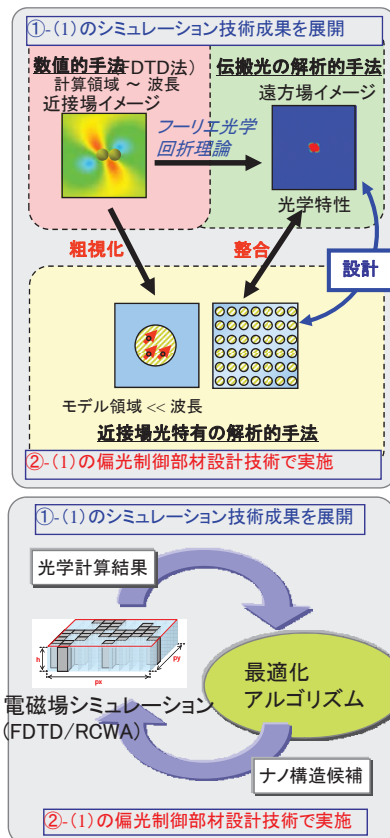
ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術
研究開発概要

■ 研究内容

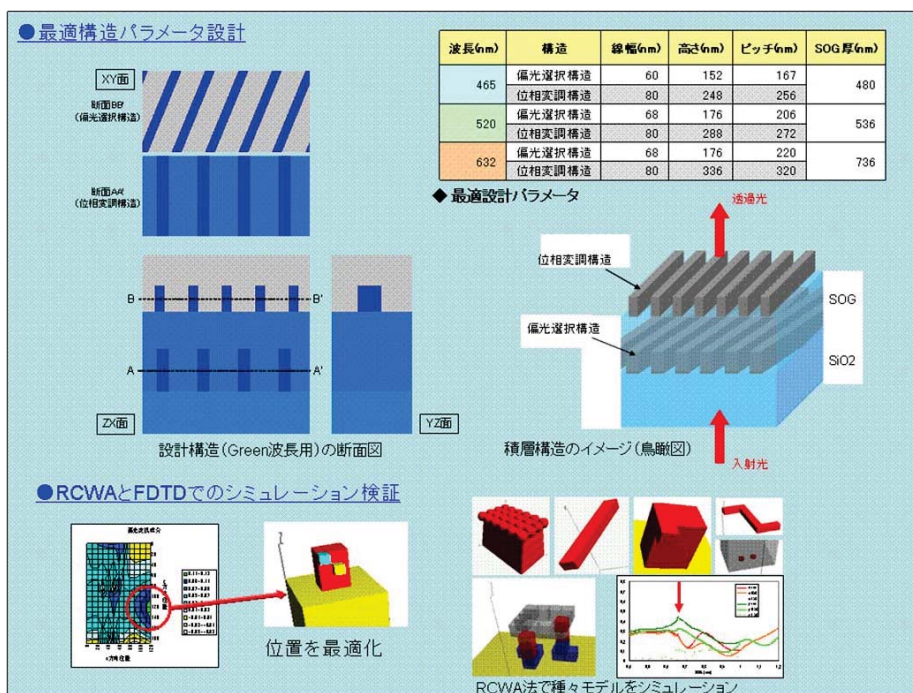
- ・低損失偏光制御部材としてmmサイズの広い領域に形成された光波長以下のナノ構造に生じる近接場光相互作用が遠方場に与える影響を計算する設計シミュレーション技法を開発し、所望の特性を有する偏光制御部材の最適設計手法を構築する。
- ・材料、構成・構造、寸法等の最適設計をおこない、部材作製に反映させる。

■ 開発目標

- ① 中間目標:
上記計算手法の計算結果と、基礎原理検証実験や光学定数・構造・寸法等のパラメータとの整合性を確認する。
- ② 最終目標:
偏光制御部材の目標達成を可能とする材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。



ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術
研究開発成果



ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術
最終目標の達成度

最終目標	成果	達成度	今後の課題
偏光制御部材の数値目標達成を可能とする材料、構成・構造、寸法等を最適設計する。	<p>①近似モデル(電気双極子)を用いた偏光制御部材の解析手法を開発し、定性的な原理確認、構造推定が可能となった。</p> <p>②FDTDシミュレーションに実測物性値を導入する手法を開発し、実光学特性との高精度な一致が得られた。</p> <p>③遺伝的アルゴリズムを用いた自動最適化手法を開発し、数値目標を達成する材料、構成・構造、寸法を具体化した。(材料: AI、構成・構造: 異種形状細線の積層、寸法: アスペクト比最大4.2)</p> <p>④遺伝的アルゴリズムによる膨大なデータを活用したロバスト性解析手法を開発。</p>	○	<p>実用化に向けて、ナノ構造作製精度の制約を緩和するため、④で開発したロバスト性解析手法を利用したロバスト性保証設計技術を開発する予定。</p>

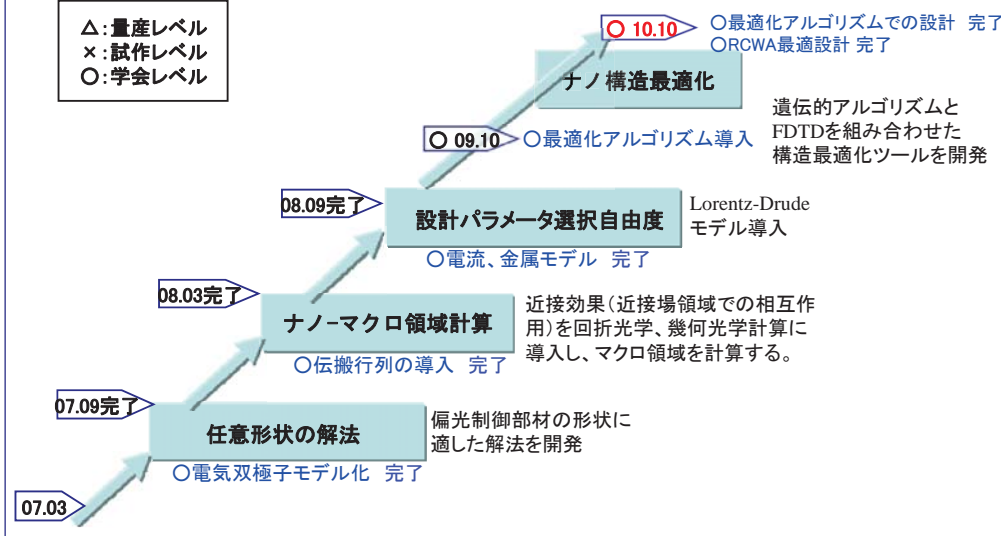
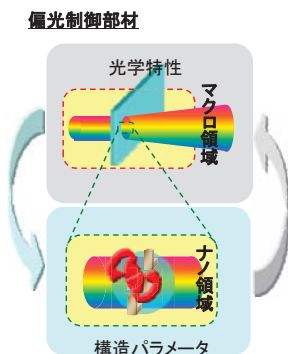
達成度: ○達成、×未達

ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術
成果の進展

構造最適化ツールにより
数値目標達成構造を提示
RCWAで最適化有効性を確認

●局所領域モデルと偏光制御部材特性との統合設計

△: 量産レベル
×: 試作レベル
○: 学会レベル



○最適化アルゴリズムでの設計 完了
○RCWA最適設計 完了

遺伝的アルゴリズムと
FDTDを組み合わせた
構造最適化ツールを開発

○09.10 ○最適化アルゴリズム導入

08.09完了

設計パラメータ選択自由度
Lorentz-Drude
モデル導入

○電流、金属モデル 完了

08.03完了

ナノ-マクロ領域計算

○伝搬行列の導入 完了

近接効果(近接場領域での相互作用)を回折光学、幾何光学計算に
導入し、マクロ領域を計算する。

07.09完了

任意形状の解法

○電気双極子モデル化 完了

偏光制御部材の形状に
適した解法を開発

従来技術

FDTD法により、構造パラメータから光学特性を計算する一方通行であった
(大規模システム、長時間計算が必要)

「設計」の狙い

当プロジェクト(他にない新しいアプローチ)

所望の光学特性を有するナノ構造設計

- 近似解法による定性的最適化と、FDTDによる厳密解析の連携計算
(短時間でのルーチン繰り返し)
- FDTD法とGA(遺伝的アルゴリズム)の連携計算
(最適化設計手法)

ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術
研究開発概要

■ 研究内容

- ・「①基盤技術研究開発」の“(2)ナノ構造部材作製技術”で得られた成果をもとに偏光制御部材作製に適した作製技術を取捨選択するとともに、誘電体薄膜を中間層とした多層構造の採用等により効率の向上を図る。
- ・ナノ構造体をもつ偏光制御部材を作製し、その光学特性・機能を評価する。

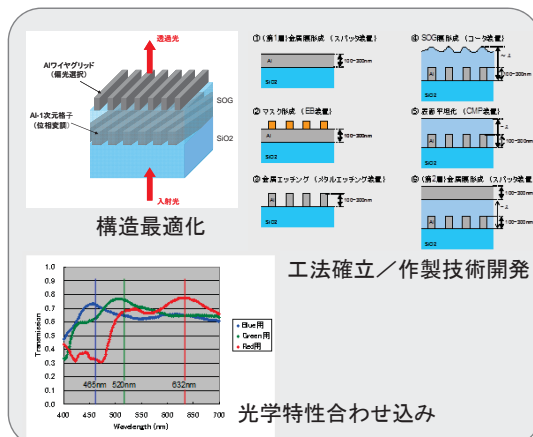
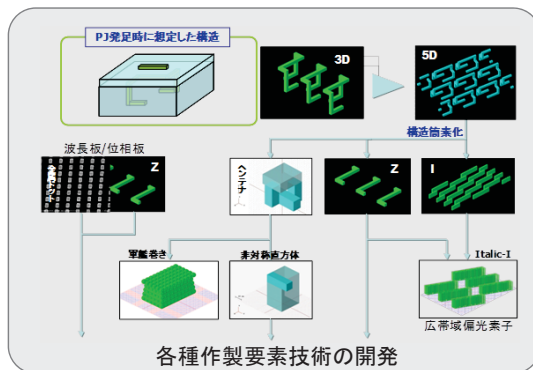
■ 開発目標

①中間目標:

- ・偏光制御機能評価部材を試作してナノ構造部材の機能を評価し、透過率(光エネルギー効率)60%以上を可能とする偏光制御部材の各種要素技術を開発する。

②最終目標:

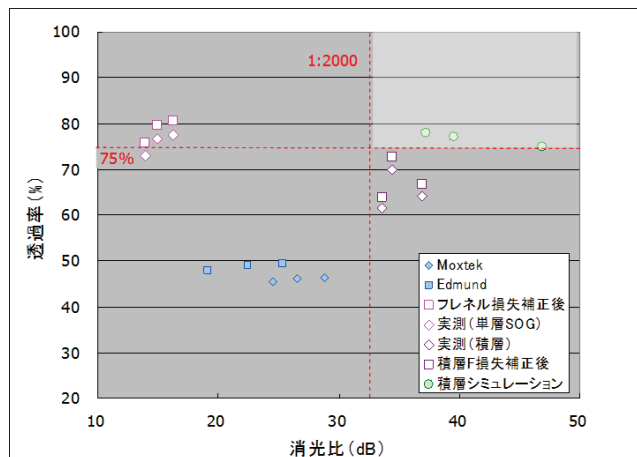
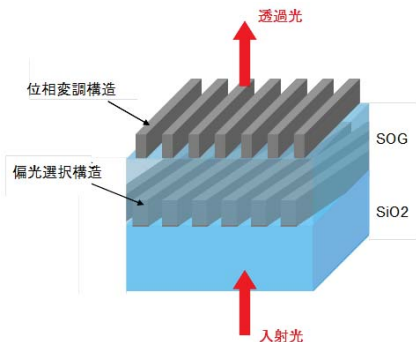
- ・赤、青、緑それぞれの波長領域において透過率75%、消光比1:2,000(33dB)の偏光制御部材を試作し、機能を実証する。
- ・ウェアプロセスでの面積化技術を開発し、実用化レベルの大きさの素子(10mm以上)作製技術を開発する。



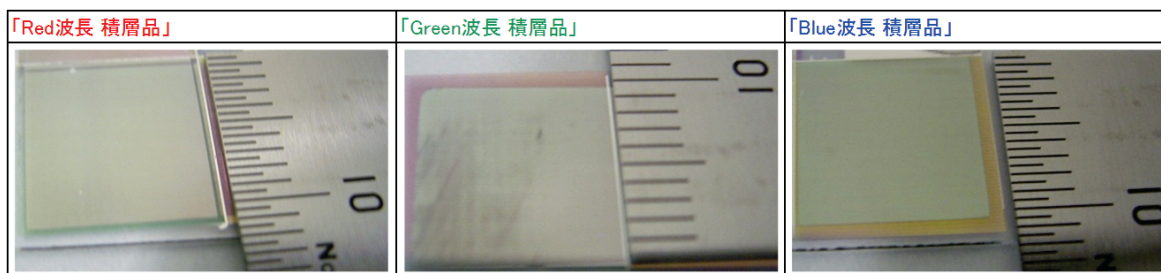
ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術
研究開発成果

■試作した偏光制御部材

●光学特性(透過率、消光比)



●偏光制御部材の外観写真

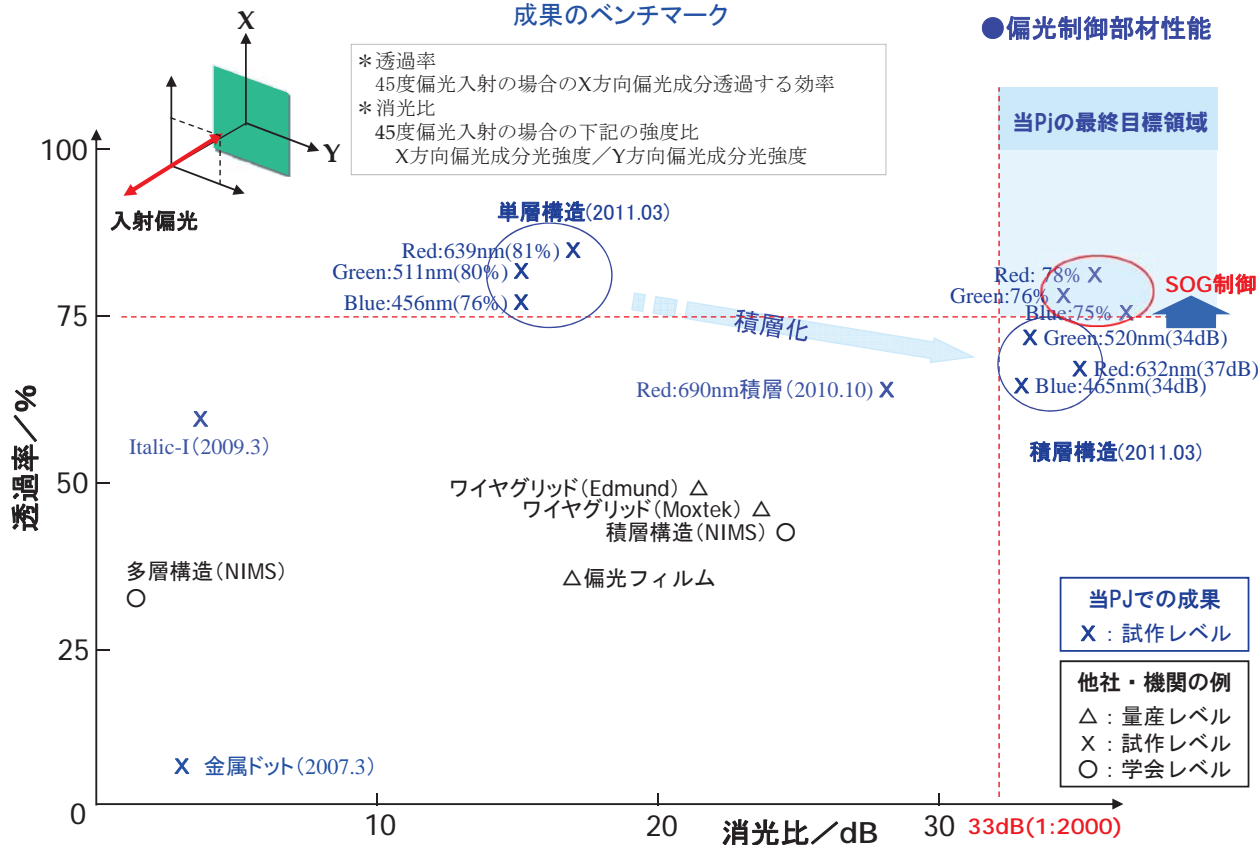


ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術
最終目標の達成度

最終目標	成果	達成度	今後の課題
1. 赤色、青色、緑色それぞれの波長領域において偏光制御部材の数値目標である透過率75%以上、消光比1:2000(33dB)以上の偏光制御部材を試作し、機能を実証する。	①EB描画およびメタルエッチング技術を開発し、金属ナノ構造を10nm以下の精度で作製することが可能となった。 ②消光比向上のため、SOG材料を用いた積層構造作製技術を開発し、①の金属ナノ構造を積層した偏光制御部材の試作が可能となった。 ③試作した偏光部材において、単層構造の透過率は75%を達成、積層構造では消光比1:2,000(33dB)を達成。	○	積層構造のSOG膜厚等を最適化することで、透過率75%、消光比1:2,000を達成できることをシミュレーションで確認済。試作して実証することについては、震災の影響でできなかったが、実用化に向けて条件を詰めていくことで達成できる。
2. ウェハプロセスでの大面積化技術を開発し、実用化レベルの大きさの素子(10mm以上)作製技術を開発する。	①高速・高精度加工装置を導入するとともに、ウェハプロセスにおけるナノ構造作製条件を確立し、10mm□サイズの偏光制御部材の試作に成功した。	○	光学特性にばらつきがあり、実用化に向けて、金属ナノ構造の面内ばらつきを低減する技術開発が必要である。(継続研究にて実施中)

達成度: ○達成、×未達

ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発: ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術
成果のベンチマーク



学会発表・プレスリリース等 成果の普及

(1) 研究発表・講演	46
(2) 論文発表	6
(3) プレスリリース、展示会 等	4

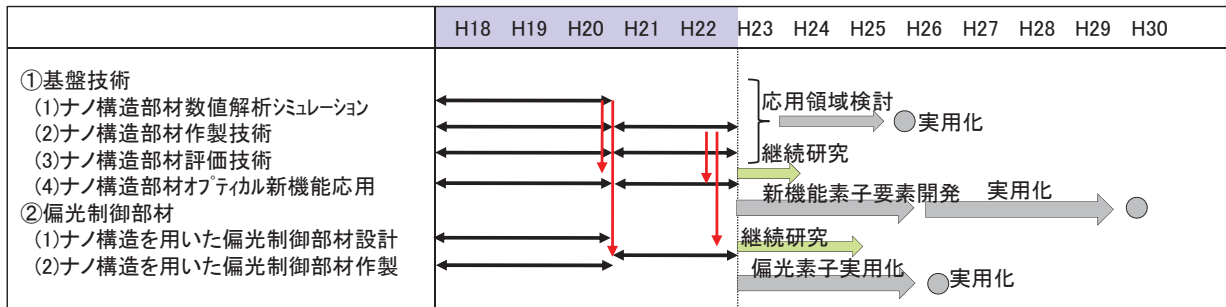
■基盤技術

・本基盤技術で開発した成果をもとに、低損失の偏光制御部材の材料、ナノ構造を最適化し、本プロジェクト終了後3～5年程度で偏光制御部材を事業化し、液晶プロジェクタ等光学機器へ搭載する。
・オプティカル新機能応用技術にて検討した新しい機能部材については、大規模集積化光回路デバイスなど、将来幅広い産業分野で利用できる革新的光技術として、高機能・高効率な民生機器・情報通信機器への適用が見込まれるので、研究開発終了後、参加各企業において引き続き原理確認に基づく要素技術の研究開発、実用化のための研究開発を促進して、本プロジェクト終了後5～10年程度で実用化する予定である。

・シミュレーション設計、ナノ加工の要素技術とナノ構造部材の集積加工プロセス技術、近接場光評価技術は、新規な基盤技術として今後の光事業の展開に大きな波及効果が期待できる。

■ナノ構造を用いた偏光制御部材

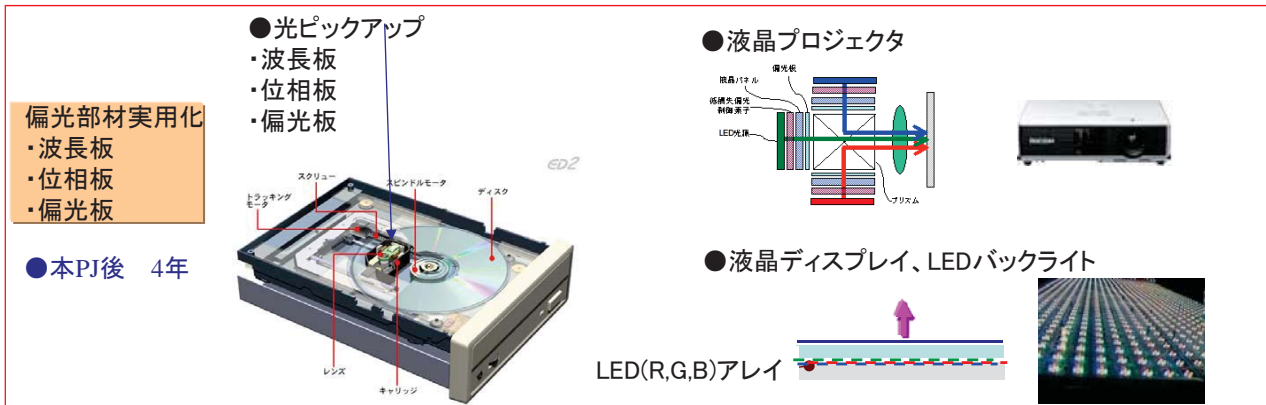
・本研究開発終了後、各企業において引き続き実用化のための研究開発を促進して、偏光制御部材として偏光板の事業化、液晶プロジェクタ等の光学機器への搭載をめざして、本プロジェクト終了後3～5年程度で実用化する。(また、偏光制御部材としての新機能を応用して、空間変調素子やナノ光センサなどの高機能、高精度デバイスの開発を行い、開発終了後3年程度で実用化する。)



ナノ構造を用いた偏光制御部材

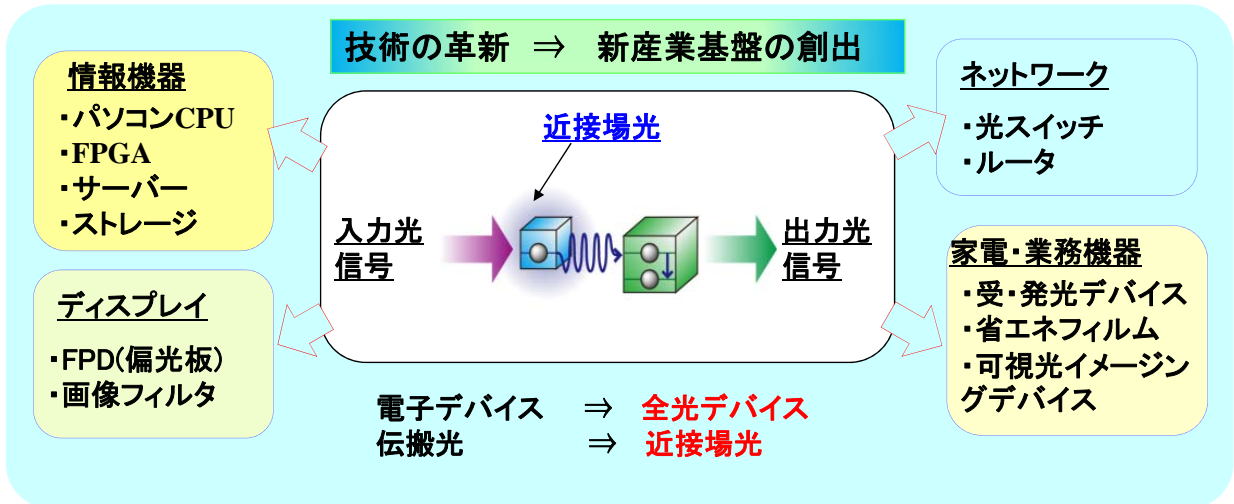
偏光制御部材の実用化に向けて、加工方法に依存した光学特性のゆらぎを低減することが必須である。そのため、本プロジェクト終了後2年間(継続研究期間)で、実用レベルの光学特性の安定性を実現する。

上記課題を解決した後、偏光制御部材として液晶プロジェクタ、ついでLED照明液晶ディスプレイに向けた実用化を目指す。(継続研究終了後2年) なお、バイプロダクトとして、本プロジェクトにより開発した偏光制御部材の特徴を生かした光学機能素子の実用化を目指し、開発を進めていく。



ナノ構造部材オプティカル新機能応用

本プロジェクトによる光論理ゲートを使用した全光の演算素子は、その省エネルギー特性から、次世代ICの有望な候補と考えられる。また、量子コンピューティングや、ナノフォトニクス集積論理回路などへの展開も行える。さらに、半導体量子ドット物性、ナノ加工技術の成果から、発光素子、受光素子、などの分野への応用も考えられる。



プロジェクト成果の実用化にあたっては、いかに知的財産権で守られているかが重要なポイントである。本プロジェクトでは、プロジェクト期間中に59件特許出願した。出願にあたっては基本的には参加各社のシナリオで特許出願した。そしてナノフォトニクス推進機構内に「知的財産専門委員会」を設置して、本プロジェクトで開発した技術、特許、ノウハウの有効利用、維持管理等を遂行した。

出願件数	H18年度	H19年度	H20年度	H21年度	H22年度	計
東京大学	0	5	4	3	2	14
基盤技術研究開発						34
ナノ構造部材数値解析シミュレーション技術	0	0	0			
ナノ構造部材作製技術	0	1	2	0	3	
ナノ構造部材評価技術	0	0	2	0	1	
ナノ構造部材オプティカル新機能応用技術	1	3	9	8	4	
ナノ構造を用いた偏光制御部材研究開発						11
ナノ構造を用いた偏光制御部材設計技術	0	0	0	0	0	
ナノ構造を用いた偏光制御部材作製技術	1	3	5	2	0	
年度小計	2	12	22	13	10	
総計						59

ナノフォトニクスは、光技術の基盤として多くの分野に発展する高いポテンシャル

- ◆本特別講座による産学連携と人材育成
- ◆世界をリードする新産業の創出

本特別講座は、NEDO新プロジェクトの基となる基礎創出から、企業技術者の技術指導・研究指導まで、産学連携・人材育成の中核機能を担当

本特別講座の基本ミッション

周辺研究

人材育成

人的交流

コアプロジェクトを支え、発展させ（“周辺研究の実施”）、産学の人材を育成し、国際的展開を含め内外の人的交流等を発展させる。

i) 周辺研究の実施

- ◆ナノフォトニクスの基盤技術の研究
- ◆多様な産学連携研究

材料ナノデバイス

- ・フィアックノロジー（半導体組成制御）
- ・日置化学(光エネルギー変換)
- ・酸化度
- ・浜松ナノクス(産業変換)
- ・村田製作所(太陽光発電)
- ・トーヨー(光増強記録)
- ・日本分光(ラマン分光分析用ヘッド)
- ・ノーラ化成(皮膚生薬)
- ・東亜化学工業(リソグラフィ)
- ・日本電子(研究開発機構(X線光学素子))
- ・日清紡(ナノ微粒子)

デバイス

- ・シグマ光機(各種材料表面平滑化)
- ・コマルトマテリアル(セラミック層構造)

システム

- ・次日本印刷(情報セキュリティ)
- ・ソニー(音響電圧)

付録

日立、東芝、東芝ライテック、ハイオニア、ハイオニアマイクロテック/ロジック、セイコーインスツル、コニカミノルタソフト、東亜化学工業、酸化度

ii) 人材育成の講座実施

3柱

- (1) ナノフォトニクスレクチャーシリーズ
- (2) ナノフォトニクスオープンセミナー
- (3) 企業技術者の受入と on the research training

iii) 人的交流等の展開

7柱

- (1) シンポジウム
- (2) 新技術説明会
- (3) 技術調査委員会
- (4) 基礎研究会
- (5) 基礎に関する共同研究
- (6) 国際交流
- (7) 大学での受け皿の構築・学内連携 (ナノフォトニクス研究センター)