

ナノテク・部材イノベーションプログラムエネルギーイノベーションプログラム
ITイノベーションプログラム

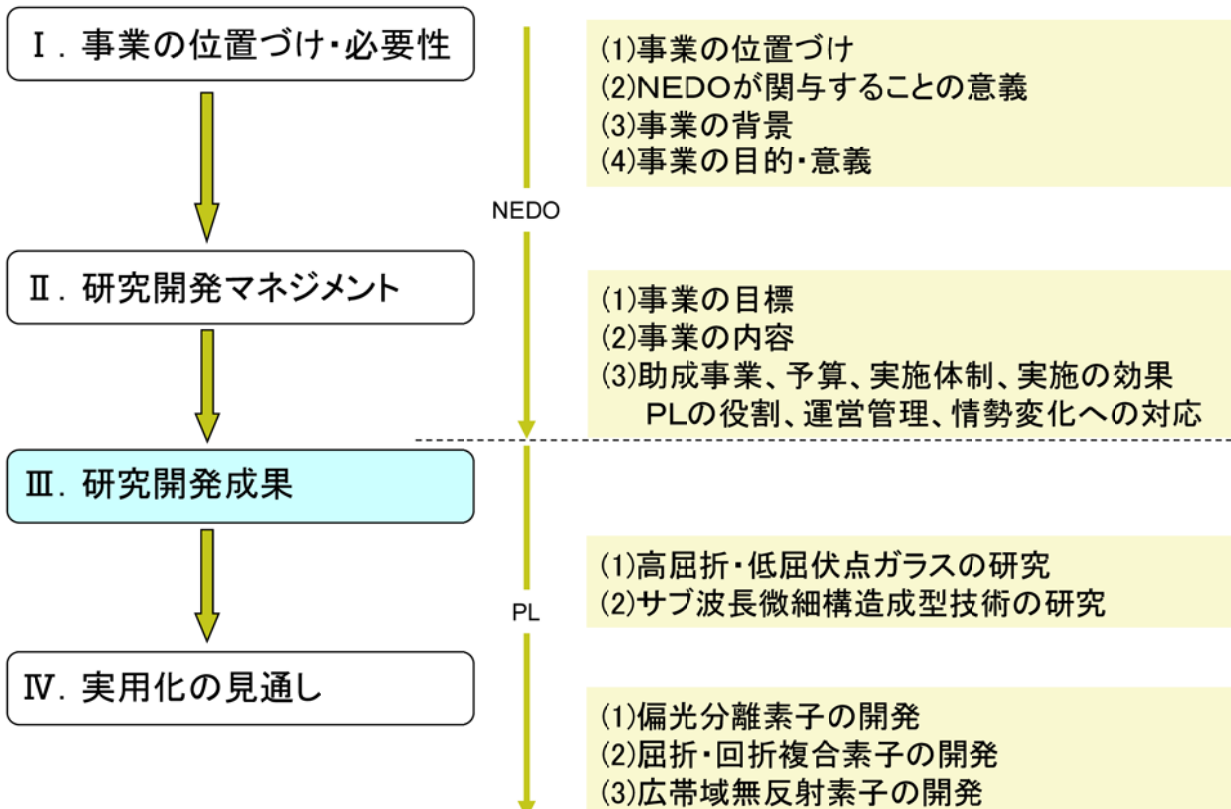
「新機能創出ガラスの加工技術開発／
次世代光波制御材料・素子化技術」(事後評価)
(2006年度～2010年度 5年間)
プロジェクトの概要 (公開)

研究開発成果および実用化、事業化の見通しについて

北海道大学 電子科学研究所
西井準治

「次世代光波制御材料・素子化技術」
(事後評価)第1回分科会
資料6-2

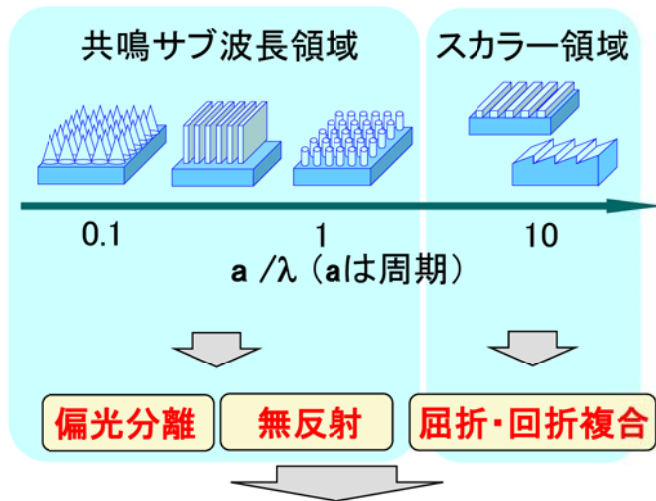
次世代光波制御材料・素子化技術プロジェクト
概要説明 報告の流れ



プロジェクトの背景と課題設定

- 情報の入出力機器の高度化が必要
- 特に光学部材の機能向上は重要な課題

- 微細構造による新機能発現に期待
- 3つの具体的な機能を開発課題に設定



- 産業ニーズ
 - 部品数削減
 - 青色対応
 - 耐光性
 - 耐熱性
 - 高倍率ズーム
 - フレア、ゴースト防止

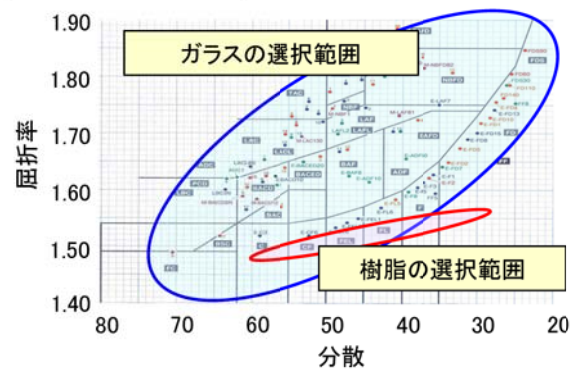
競合技術(周期構造の精密成型)

周期	材質	成型法	用途	研究機関	形状の外観
1μ m 以下	樹脂	ロール法	反射防止	三菱レイヨン	同社ホームページより
		モールド法		伊藤光学	AIST ホームページより
				旧三洋マービック	三洋電機 前納氏提供
1μ m 以上	ガラス	モールド法	波長板	コニカミノルタ	コニカミノルタテクノロジーセンターホームページより
			回折素子	アルプス電気	アルプス電気センターホームページより
			マイクロレンズ	ナルックス	ナルックスホームページより
			カメラ用色収差補正レンズ	ニコン	Optics Japan2005予稿より
			CD/DVD用2焦点レンズ	パナソニック(旧松下電器)	パナソニック提供

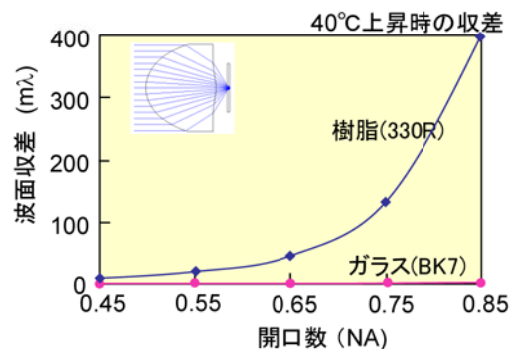
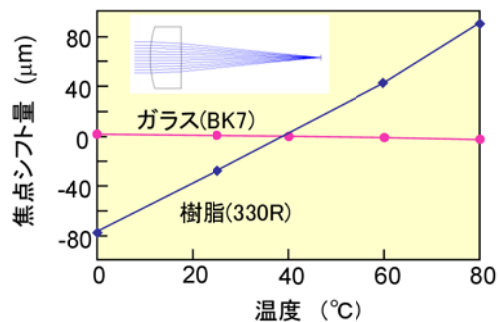
ガラス材料の優位性

- 広い屈折率、分散の選択範囲
- 優れた温度特性(屈折率、膨張率)
- 耐熱性・耐候性・耐光性

設計の自由度



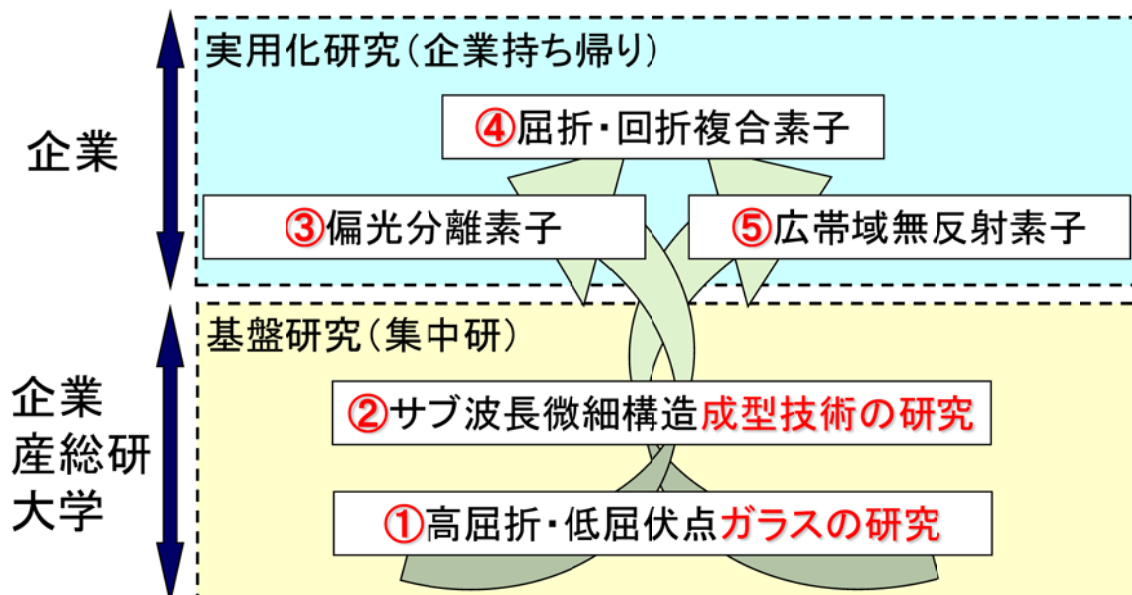
機能の安定性



樹脂の屈折率変化出典 <http://www.zeon.co.jp/business/enterprise/speplast/speplast1.7.html>

研究開発課題と相互の相関

- 基盤研究と実用化研究のハイブリッド型
- 基盤研究は産総研、企業、大学の連携研究
- 実用化研究は企業間の垂直連携(期間後半から開始)



事業の全体計画

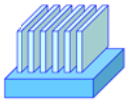
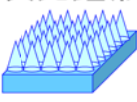
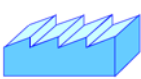
委託事業: ガラスと成型技術を並行して開発

助成事業: 委託事業の成果を使って実用化研究を加速



委託事業の目標とその設定理由

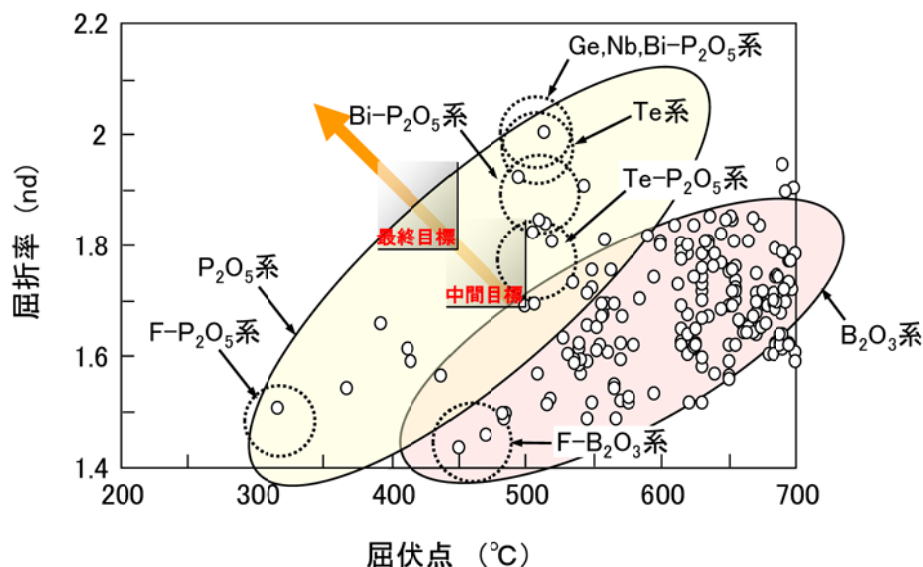
- 材料の目標値: 素子の機能と既存特許などから決定
- 構造の目標値: 開発を目指す素子の機能から決定

①材料の目標	②サブ波長微細構造の目標	素子	搭載する機器	
ガラス材料 屈折率 ≥ 1.8 屈伏点 $\leq 450^{\circ}\text{C}$ 透過域 $\geq 400\text{nm}$	1次元矩形 	周期 $\leq 300\text{nm}$ 高さ $\geq 300\text{nm}$	情報家電機器 ➤光ディスクドライブ ➤プロジェクター ➤カメラ	
	2次元錘形 	直径 $\geq 50\text{mm}\phi$		③偏光分離素子(波長板)
	1次元鋸歯 	周期 $\leq 5\mu\text{m}$ 段差 $\geq 500\text{nm}$ 直径 $\geq 10\text{mm}\phi$		⑤広帯域無反射素子 ④屈折・回折複合素子

研究開発項目①高屈折・低屈伏点ガラスの研究 ガラス材料に関する目標設定

公開

- 高屈折率化のメリット: 光学系の小型化
- 低屈伏点化のメリット: モールドの耐久性向上、製造時の省エネ
- その他の考慮すべき物性: 分散特性、耐候性、成型性、etc
- 特許、製品カタログ等から可能性のある物性値をリストアップ
- 高屈折・低屈伏点の目標領域を決定



中間評価(H20年)でのコメントへの対応

公開

「極めて順調に進んでいる」との評価。
下記は、指摘事項に対する対応。

	指摘事項	対策
1	実用化に向けて総合的な研究開発が必要 (耐候性、成型性、コストなど)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ JIS規格に応じてガラスの耐水性を評価 ➤ 可能な範囲で複数回の成型を実施し、モールドの耐久性を評価 ➤ 助成事業ではGe、Bi等の高価なガラス成分の低減も視野に入れて組成改良
2	製品化に向けて対策が必要 (強度、防汚、樹脂との差別化)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ シミュレーションを活用して、機械的衝撃に強い周期構造を検討 ➤ カメラの前面レンズ以外で搭載の有効性を検討 ➤ 樹脂では到達できない目標を設定済み
3	広い視野での応用の検討	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 派生技術として、医療用、セキュリティー用の光学素子を開発中

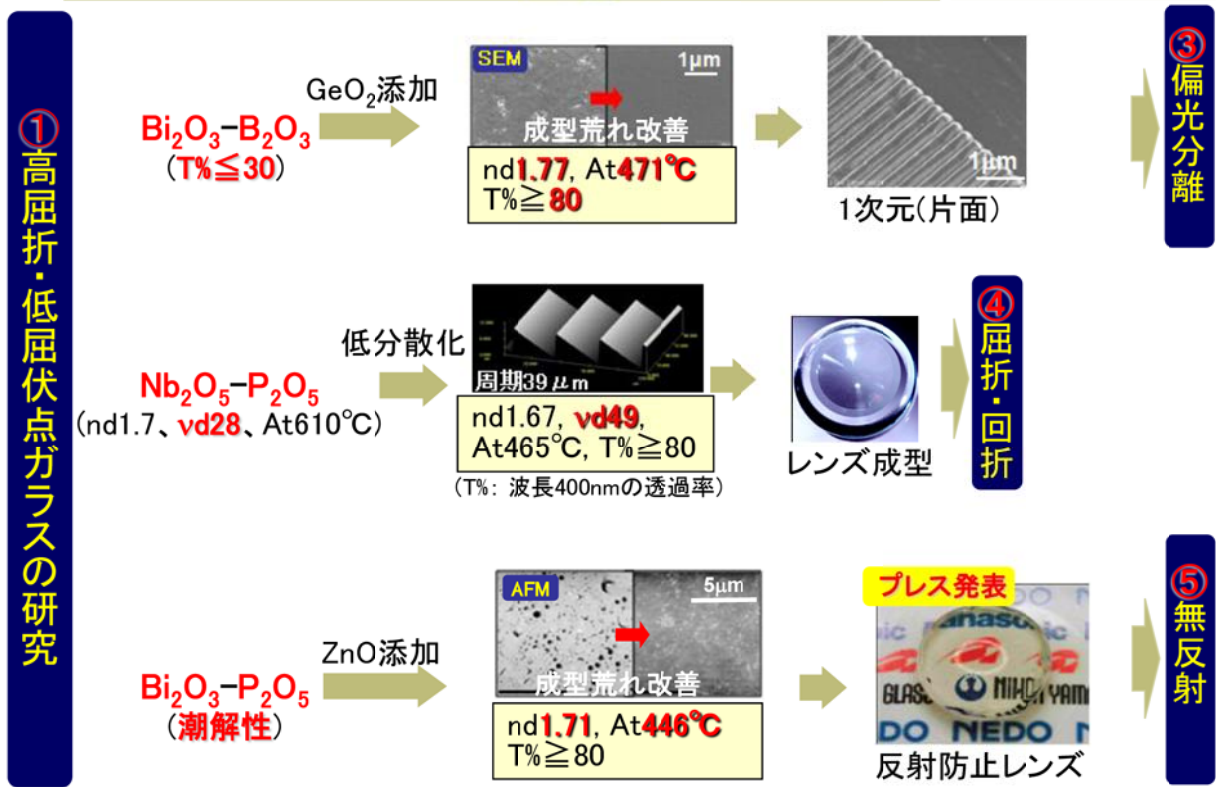
研究開発項目①高屈折・低屈伏点ガラスの研究

公開

成果の概要

H18~19年度

H20~22年度



研究開発項目①高屈折・低屈伏点ガラスの研究

公開

市販の成型用ガラスとの比較

新規開発

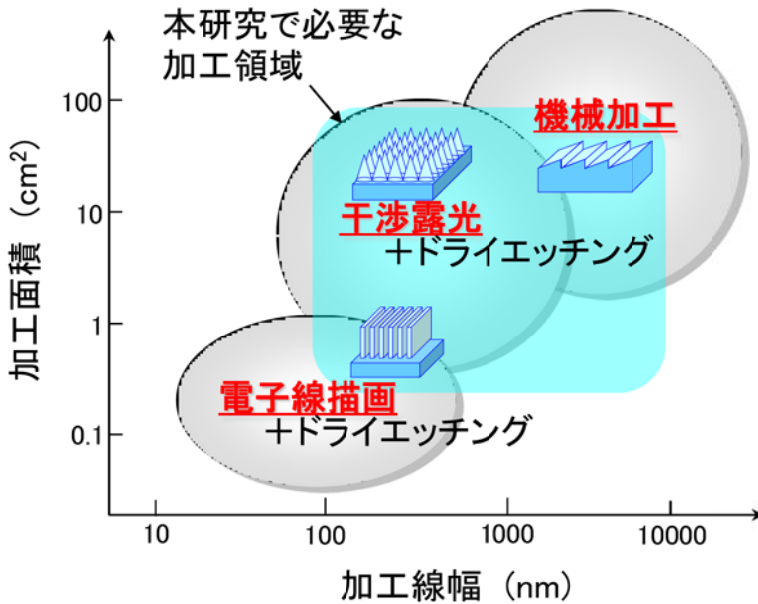
ガラス系、メーカー	屈折率 (n _d)	屈伏点 (At)	内部透過率*	転写性
Li ₂ O-Nb ₂ O ₅ -P ₂ O ₅ 系	1.67	465°C	≥ 80%	可(鋸歯構造)
ZnO-Bi ₂ O ₃ -P ₂ O ₅ 系	1.71	446°C		可(反射防止)
Bi ₂ O ₃ -GeO ₂ -B ₂ O ₃ 系	1.77	471°C		可(波長板)
Bi ₂ O ₃ -(Li ₂ O·Ga ₂ O ₃)-B ₂ O ₃ 系	1.82	478°C		
住田光学硝子	2.15	430°C	0%	
	2.14	449°C	≤ 10%	不可(表面荒れ)
	2.02	486°C	≤ 55%	不明
	1.92	495°C	≤ 78%	不明
	1.60	505°C	≥ 99%	
	1.59	415°C	≥ 99%	可(反射防止)
OHARA	2.10	378°C	≤ 5%	不明
HOYA	1.82	505°C	≥ 80%	不明

内部透過率: 波長400nm、厚み3mmでの値

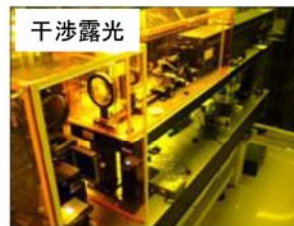
研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

モールド作製方法の選定

- 加工線幅、加工面積および加工時間から総合的に判断
- モールドの加工であることを考慮



企業に
ノウハウ有り



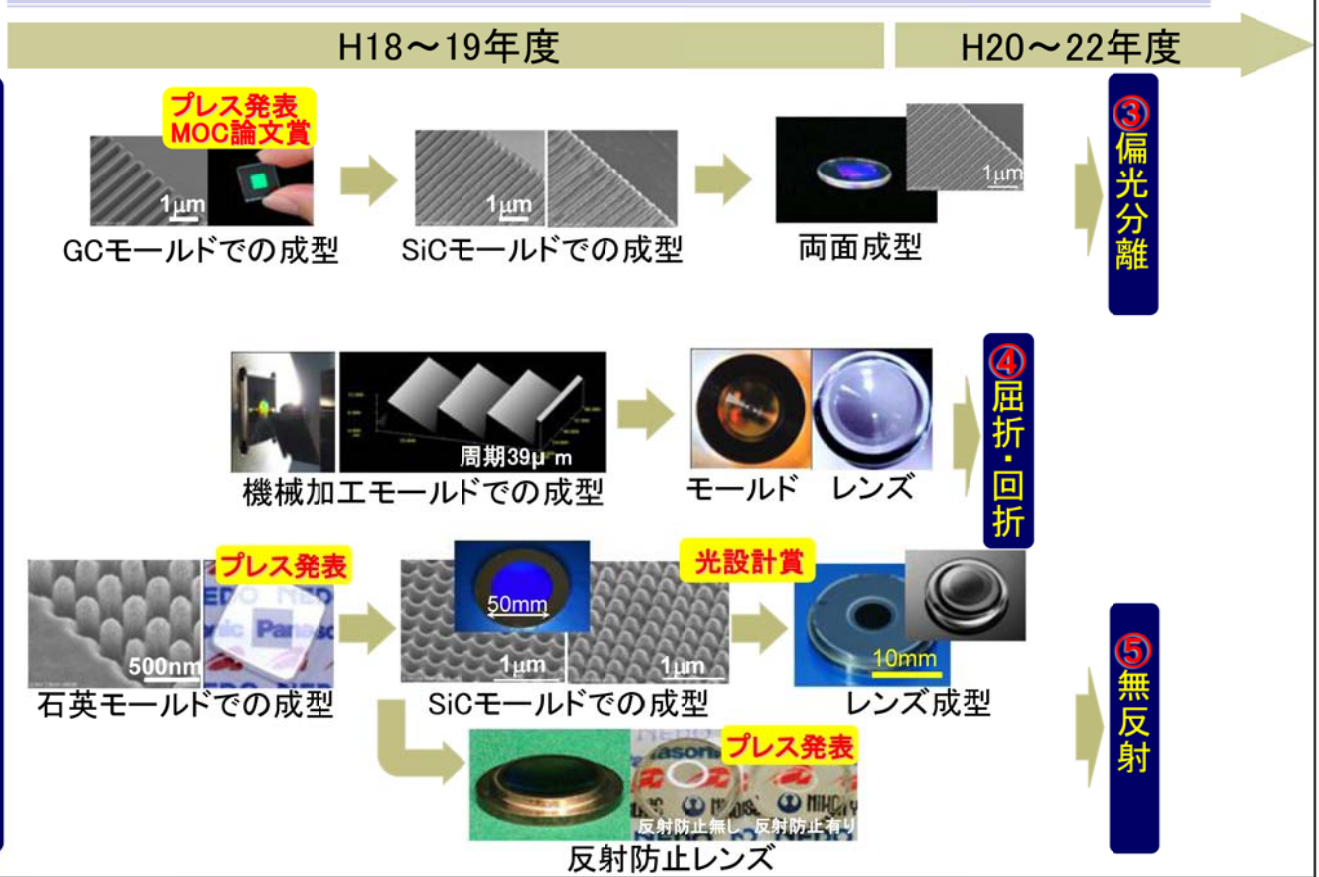
大学に
ノウハウ有り



産総研に
ノウハウ有り

研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

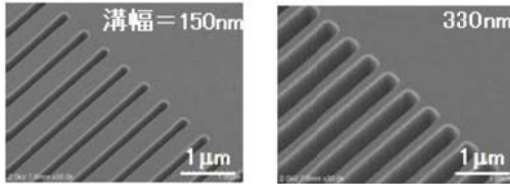
成果の概要



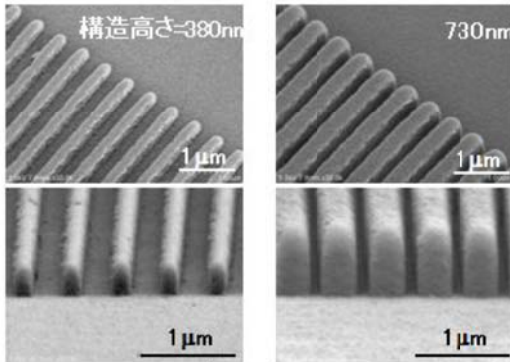
研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

GCモールドを用いたガラス成型 (H18)

- 溝幅と成型体の構造高さの関係を検討
- 周期500nmで溝幅の異なるモールド
- シミュレーション結果と一致
- 位相差の発現を実証

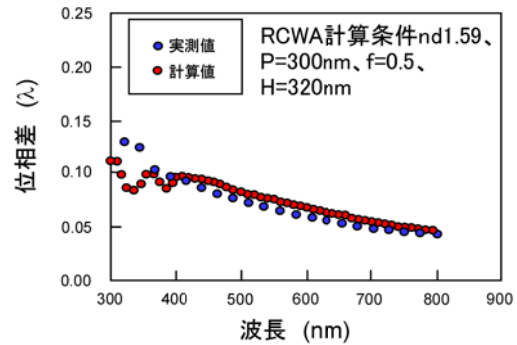
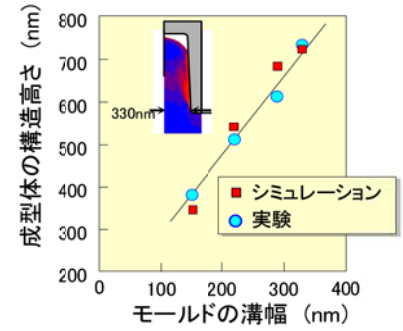
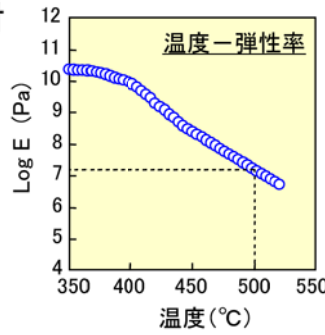


グラッシーカーボンモールド



ガラス成型体

成型温度500°C、圧力4MPa、加圧時間140秒
 使用ガラス P₂O₅-B₂O₃-ZnO-R'₂O (R' = Li, K, Na)



周期300nmの成型体で計測された位相差

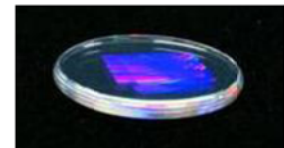
Microopt.Conf.(MOC)論文賞 2007.10
 査読付論文 4報(Opt. Lett.等)

研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

SiCモールドでの両面成形 (H19~H21)

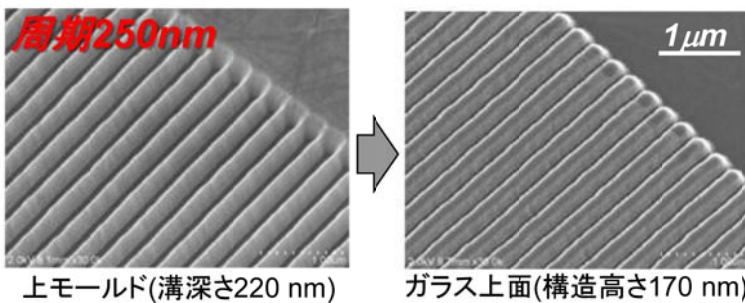


両面成形のイメージ



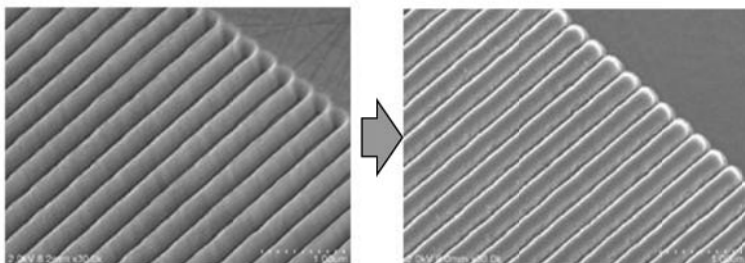
ガラス成型体

GeO₂-Bi₂O₃-B₂O₃系
 nd=1.82, At = 468°C



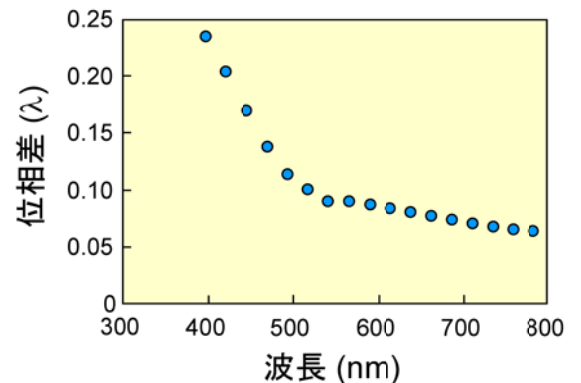
上モールド(溝深さ220 nm)

ガラス上面(構造高さ170 nm)



下モールド(溝深さ220 nm)

成型体下面(構造高さ150 nm)



研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

公開

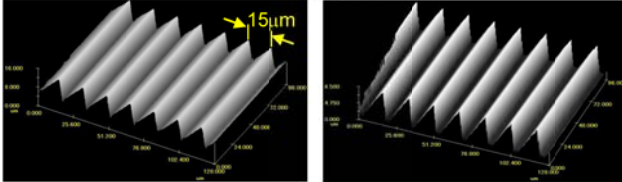
耐熱鋸歯構造モールドの作製と成型(H19~H20)

➤ 機械加工装置の導入(H19.09)



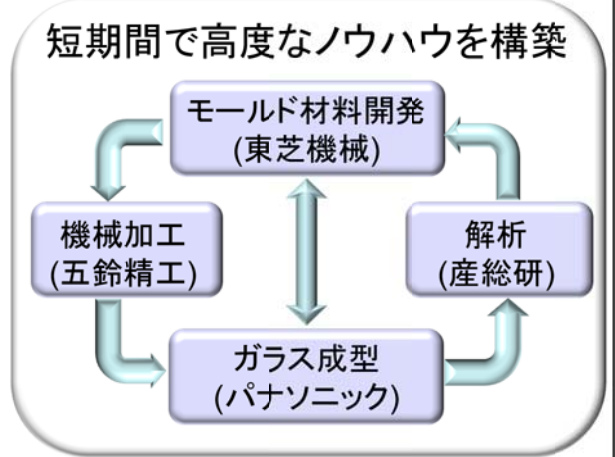
微細加工装置

➤ 結晶NiPモールドの加工とガラス成型(H19.12)

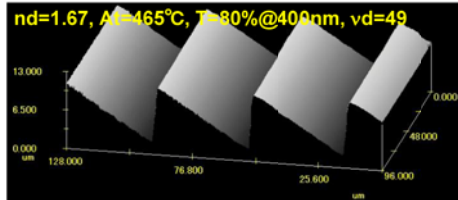


NiPモールド

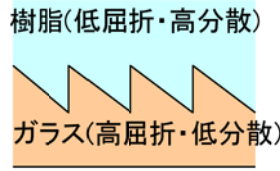
ガラス成型品



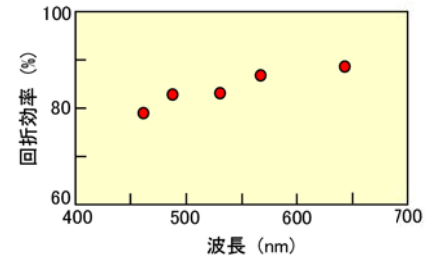
➤ 自主開発ガラスでハイブリッド素子化に成功(H20.02)



新規開発 高屈折・低屈伏点・低分散ガラス



ハイブリッド化

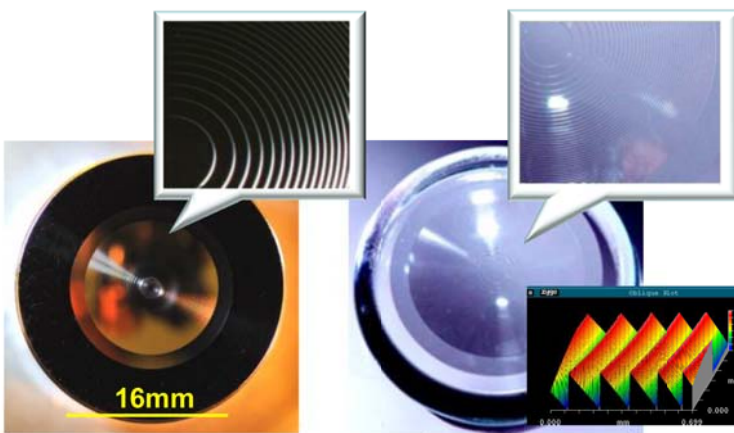


可視域での回折効率

研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

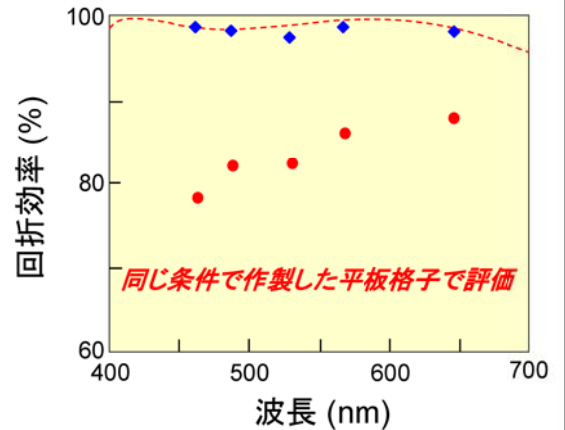
公開

屈折・回折レンズの成型(H20~H21)

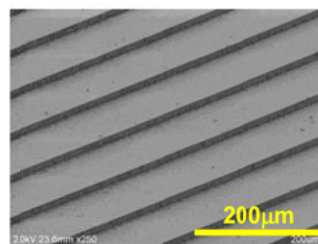


モールド

回折・屈折レンズ



可視全域で高い回折効率を達成

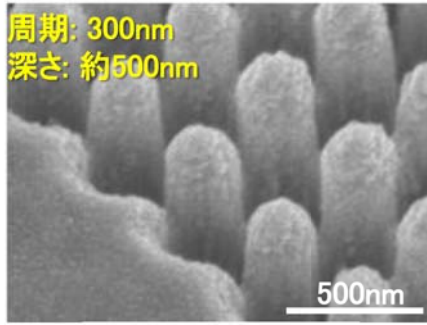


モールド表面
(成型温度564°C、15ショット後)

研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

公開

石英モールドで反射防止構造を成型(H18)

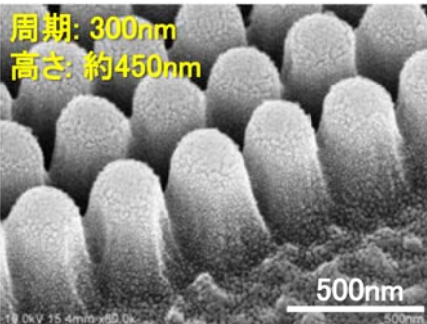


石英モールド

反射率5%
(構造なし)

反射率約1%

反射率0.56%



リン酸塩ガラス成型体

結果

- 市販のリン酸塩系ガラスで転写率約90%達成(成型温度421℃、圧力5MPa)
- 波長462nmでの垂直反射率0.56%(ガラス表面の約1/10)

課題

- 5mm角以上では石英モールドが破壊

2007.06.06 プレス発表

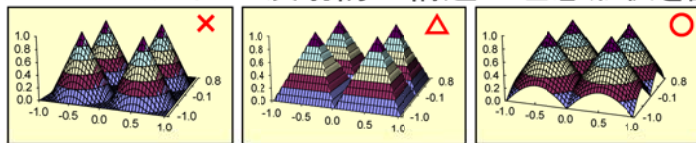
2007.12 日経TechOnニュースランキング8位

研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

公開

SiCモールドで独自ガラスを成型(H19~H20)

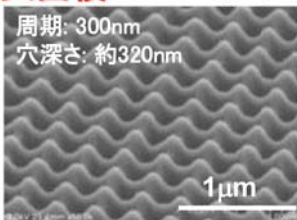
- シミュレーションで反射防止構造の理想形状を設計(RCWA法を使用)



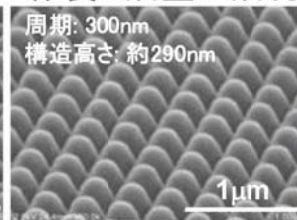
最適形状の設計に成功

特許出願、光設計賞受賞

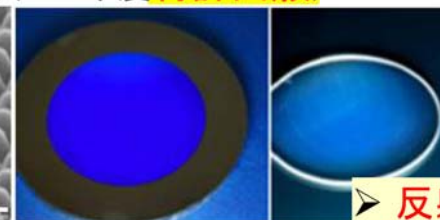
- 大面積SiCモールドの作製と成型に成功(H20年度特許出願)



SiCモールド



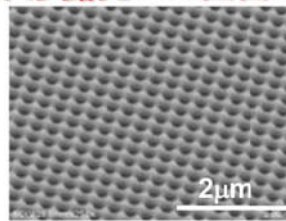
ガラス成型体



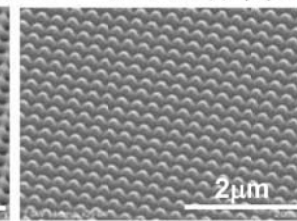
最終目標(50mmφ)達成

反射率0.2%達成

- 干渉露光での曲面SiCモールドの作製と新規開発ガラスの成型に成功(H20年度)



凹型SiCモールド表面



凸レンズ成型体表面



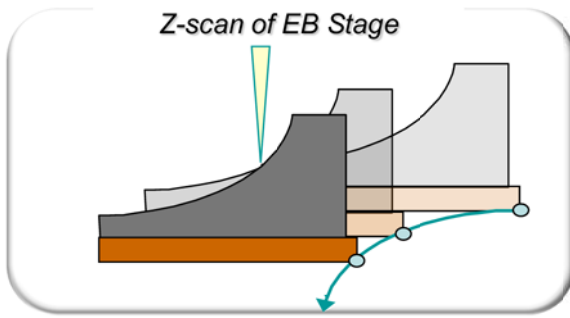
反射防止構造有り

反射防止構造無し

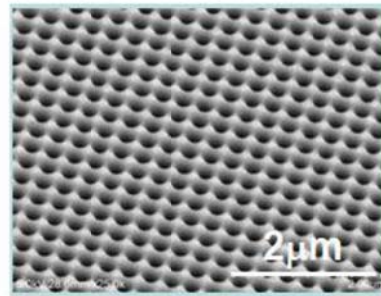
2008.05.21 プレス発表

研究開発項目②サブ波長微細構造成型技術の研究

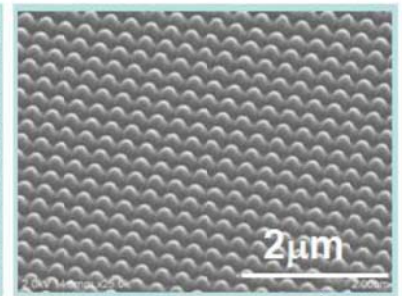
曲面EB描画でのSiCモールド作製(H19~H21)



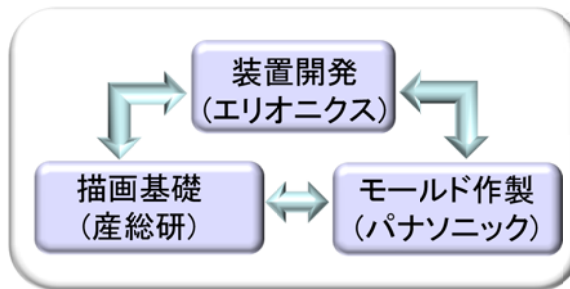
独自に開発した3D描画法



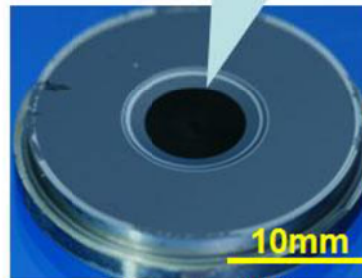
モールド表面



レンズ表面



三者連携



SiC モールド



ガラスレンズ

光設計優秀賞受賞(日本光学会光設計グループ)
ODF招待講演(2009)
APEX掲載(2010)

最終目標の達成状況(委託事業)

研究項目	目標項目	目標値	達成値	達成度	用途	
① 高屈折・低屈伏点ガラスの研究						
	屈折率(nd)	1.8	1.80	◎	>反射防止レンズ >波長版	
	屈伏点(At)	450℃	432℃			
	透過下限波長	400 nm	T%≥80%@400 nm			
② サブ波長微細構造成型技術の研究						
微細構造	鋸歯構造	直径	10 mm	15 mm	◎	>屈折・回折レンズ
		周期	5μ m	2 μ m		
		段差	500 nm	1000 nm		
1~2次元 周期構造		直径	50 mm	50mm	◎	>1次元:偏光分離素子 >2次元:反射防止構造
		周期	300 nm	250 nm		
		構造高さ	300 nm	300 nm		
シミュレーション	光波	計算面積、形状	直径50mm曲面	直径50mm曲面	◎	>レンズの波面収差補正
		成型	マイクロレベル	成型条件依存	一軸クリープ関数 で粘性流動を解析	◎
	成型	ナノレベル	基本ソフト	インプリント対応 MD基本コード開発	◎	>プロセス時間の予測 >成型・離型機能解明

受賞、その他の成果

1. 受賞

- ① 第13回Microoptics Conference **論文賞**受賞(平成19年10月) コニカミノルタオプト 森、他
- ② 6th International Conference on Optics-photonics Design & Fabrication **ベストポスター賞**(平成20年6月)日本山村硝子 日高、他
- ③ 日本光学会 **光設計優秀賞**(平成20年9月) パナソニック 山田、他
- ④ 精密工学会 関西地方学術講演会 **ベストポスタープレゼンテーション賞**(平成21年5月) 産総研 笠、他
- ⑤ 精密工学会 秋季大会学術講演会 **ベストプレゼンテーション賞**(平成21年9月) パナソニック 田村、他



2. 博士号の取得

コニカミノルタオプト 森 登史晴 平成21年9月(神戸大学)

論文、特許、口頭発表、等の件数

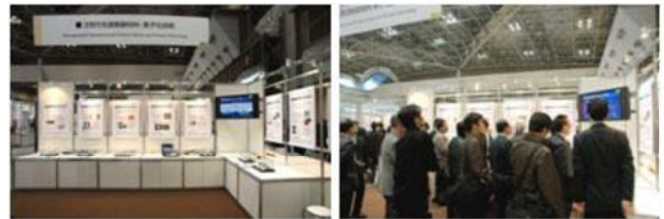
	中間評価時	事後評価時
論文および国際学会予稿集	14報 (査読有=10)	53報 (査読有=43)
特許	9件	24件
口頭発表	56件	147件
新聞・雑誌記事	15件	28件



成果の普及

1. 展示会出展

nanotech2008~2010



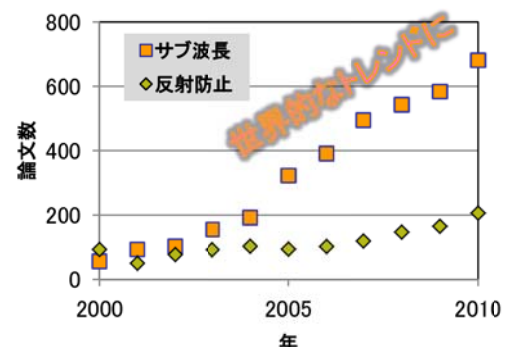
2. シンポジウム開催

- 第1回 産総研光技術シンポジウム(東京、2006年2月)
 - 第2回 第68回応用物理学会シンポジウム(札幌、2007年9月)
 - 第3回 第71回応用物理学会シンポジウム(長崎、2010年9月)
- ★いずれも**出席者100名以上**

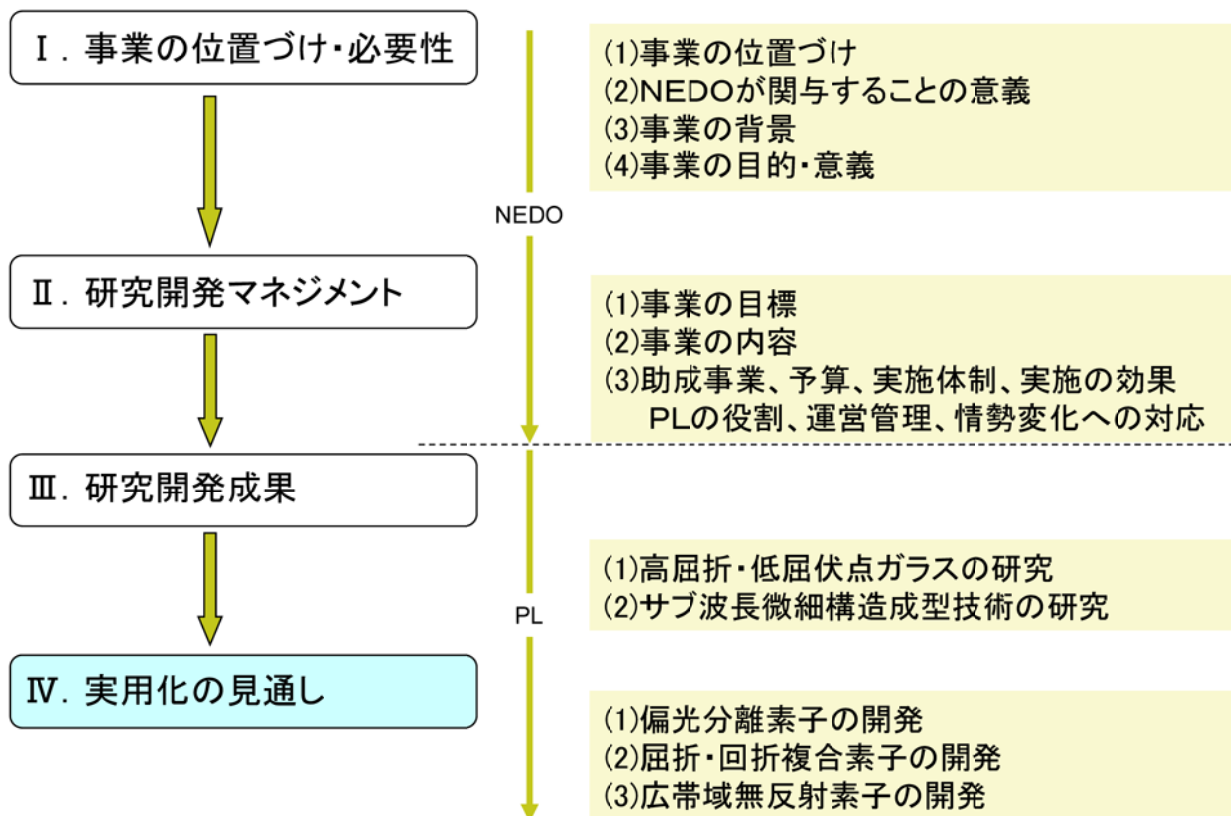
3. 単行本の出版(2011年9月予定)

「ナノ構造光学素子開発の最前線」

- 撮像機器分野
- ディスプレイ・発光素子分野
- 計測・センサー分野
- 太陽電池分野
- プラズモニクス分野



概要説明 報告の流れ



実用化、事業化の見通し

(1) コニカミノルタオプトと五鈴精工硝子

③ 偏光分離素子 → エリア分割型素子

平成24年度以降に次世代光ディスク評価用ピックアップユニットへ搭載予定

(2) パナソニックと日本山村硝子

④ 屈折・回折複合素子 → 屈折・回折レンズ

平成24年度以降にデジタルスチルカメラへ搭載予定

⑤ 広帯域無反射素子 → 反射防止レンズ、プレート

平成25年度より、撮像光学系カバーガラス、レンズに応用予定