

## 課題の概要

課題名 「Si 基板上への強誘電体光学単結晶薄膜育成に関する研究」  
代表者名（所属機関名） 「篠崎 和夫（東京工業大学）」  
提案機関名 「東京工業大学」

### 研究の目標・概要

#### 1. 共同研究の主旨

Si 基板上に高品質の強誘電体光学単結晶薄膜を形成する技術を開発し、Si-LSI と光機能素子を一体化したモノリシック光-電気デバイスの実現を目指す。結晶成長の基礎技術からデバイス応用までの検討を行なうため、大学と企業とが連携して効率的な研究開発を遂行する。

#### 2. 目標

- ・ 1 年目：新成膜装置の開発を行うとともに、Si 上への透明なリラクサ型強誘電体単結晶薄膜形成技術を開発する。
- ・ 2 年目：バッファ層導入技術を用いて単結晶多層構造を実現し、従来の薄膜材料を上回る高い電気光学効果を確認する。
- ・ 3 年目：導波路型光偏向デバイスを試作、特性評価し、応用の可能性を見極める。

#### 3. 内容

薄膜構造で大きな電気光学係数を持つ強誘電体材料の探索を行う。例えば、電気光学定数が測定されていない PMN-PT などのリラクサ型強誘電体を Si 基板上にエピタキシャル単結晶薄膜として成膜するための技術を開発し、その特性を検討する。Si 基板上に単結晶並みの結晶性を持つ薄膜を形成するために、バッファ層の組成、成膜条件について詳細に検討する。また、この高性能強誘電体単結晶薄膜をコア層とする導波路型光偏向デバイスを試作・評価する。

#### 4. 共同研究体制

大学で強誘電体単結晶成膜技術の研究を、企業で光特性評価およびデバイス試作・評価を行なう。さらに、大学で開発した単結晶薄膜育成技術をもとに、企業では大面積の単結晶薄膜育成技術を開発する。

### 研究開発の現状等

酸化物強誘電体を用いた高速光デバイスは、ますます発展するフォトニック高速ネットワーク時代を支えるキーデバイスとして重要になっている。しかしながら、これまでの光デバイスは  $\text{LiNbO}_3$  などのバルク材を機械加工して作られており、小型化や電気回路との整合性などの点で大幅に遅れている。バルクを加工した素子に比べて大幅に小型化が可能な薄膜光デバイスは、酸化物基板上などの特殊な基板上ではある程度進展があるものの、結晶性が低く実用に至ってはいない。Si 基板上への光学薄膜形成に関しては、まだ全く行われていない。

なお、我が国は強誘電体薄膜の研究分野で最先端の成果を上げており、申請両機関は定期的に薄膜に関する研究会を開催し、技術交流を深めるとともに、強誘電体薄膜の共同研究を行ってきている。

### 研究進展・成果がもたらす利点

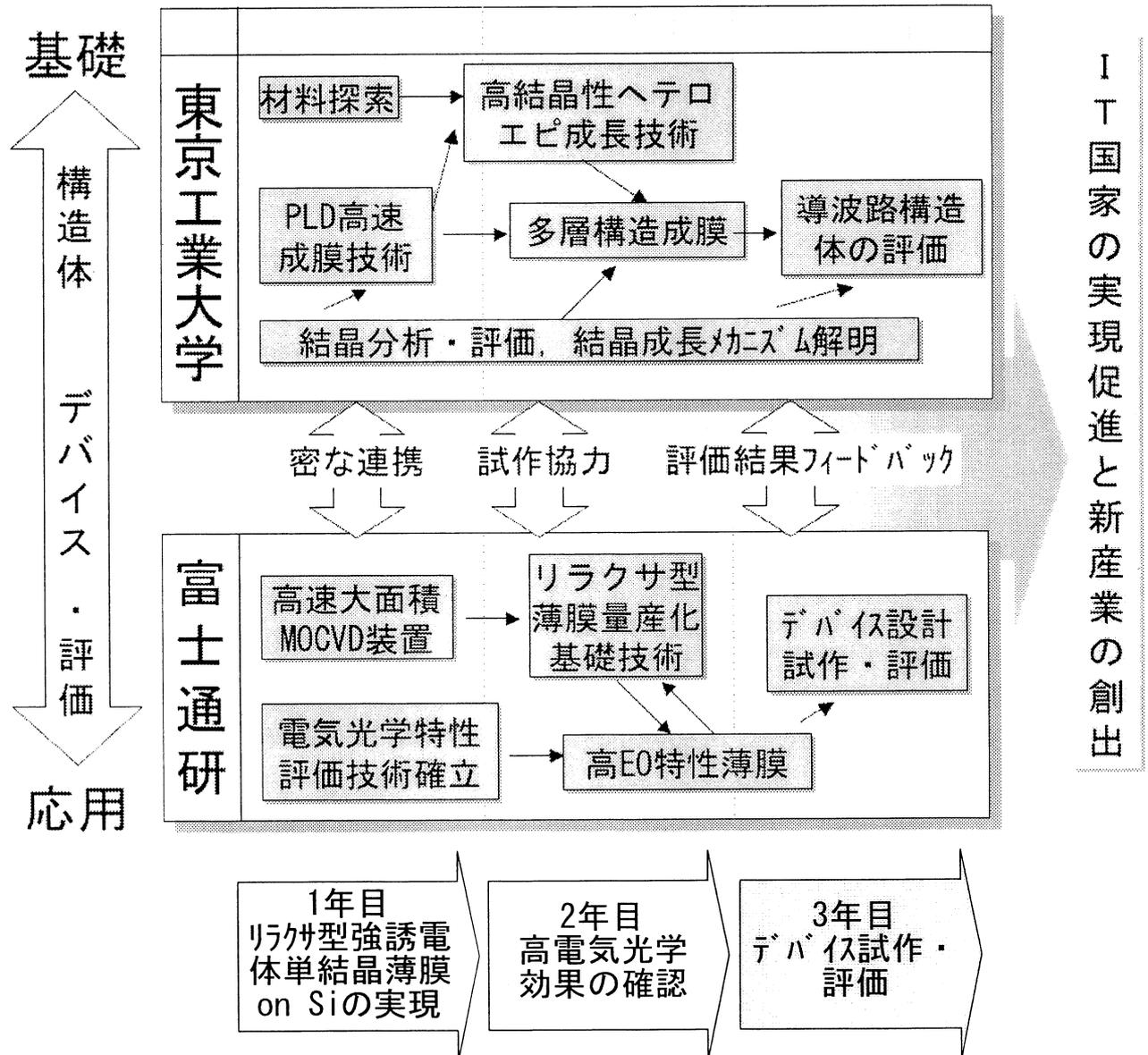
インターネットの爆発的な普及により、高速・大容量化が可能なフォトニックネットワークの要求は著しく増大しており、基幹通信ばかりでなく、FTTH など末端機器にまでおよんでいる。このため高性能だけでなく、小型で低価格の光デバイス、機器の実現が強く望まれている。本研究で目標とする Si と一体化した薄膜光デバイスが実現できれば、理論上、従来の光デバイスの 1000 分の 1 以下の体積にまで小型化が可能であり、フォトニックネットワークの発展に大きく貢献する。さらに、LSI による電気回路と一体化することによる全く新しい応用も期待される。このように、Si 上における酸化物単結晶薄膜の成長は、いわゆる酸化物エレクトロニクスの実用化の牽引力となる事が期待される。

## 課題の研究体制図

- 課題名 「Si 基板上への強誘電体光学単結晶薄膜育成に関する研究」
- 代表者名（所属機関名） 「篠崎和夫（東京工業大学）」
- 提案機関名 「東京工業大学」

本課題における共同研究体制を下図に示す。高い電気光学係数をもつ材料と Si テクノロジーとが一体化したモノリシック電気-光学デバイスを実現するために、両機関が密接な連携をとり、成果を相互にフィードバックすることで目標の早期実現を狙う。

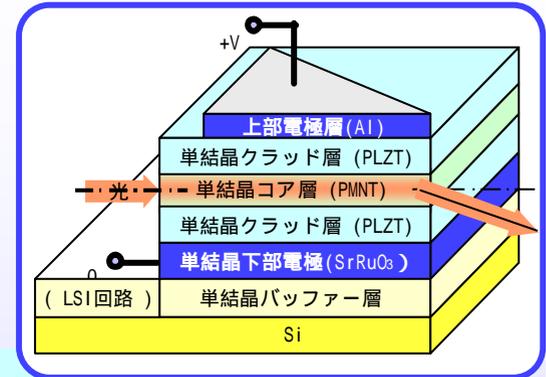
大学側では、これまで例のない Si 基板上への光学単結晶薄膜成長を、バッファー層を用いたヘテロエピタキシャル成長技術によって実現する。この実現にあたって、サブナノオーダーの結晶構造、微構造の解析、組成分析を行い、Si 上での強誘電体光学単結晶薄膜の成長メカニズムの解明と、さらに優れた薄膜成長技術の確立をねらう。一方、民間側では、デバイス応用を見据えたシミュレーション、光学特性、導波路デバイスの設計・評価を行い、さらには量産に適する大面積への高速成膜技術の開発を合わせて行う。各分野に特化した両機関が互いに密に協力しあうことにより生まれる成果は、今後の IT 国家の実現促進に大きく貢献するものと考えられる。



# 課題内容の説明

## ■ 目的：モノリシック電気光学デバイス実現

- バッファ層：Si上への強誘電体単結晶薄膜実現
- 高電気光学定数：30pm/V、低透過損失：10dB/cm実現
- 高効率の光偏向素子の設計・試作と特性確認



## ■ 経緯：Si基板上への単結晶薄膜形成

- 東工大：材料探索、バッファ層導入によるSi上への光学級エピタキシャル単結晶成膜
- 富士通：電気光学デバイス技術、大面積化技術

} 共同研究

## ■ 主な手法：高速ヘリカルPLD法(東工大)、液体供給MOCVD法(富士通研)

## ■ 独創的な点：

- 東工大：ヘテロエピタキシャル薄膜成長技術、単結晶薄膜評価技術
- 富士通研：大面積高速・高品位薄膜成長技術

## ■ 共同研究体制：

- 東工大 [材料工学専攻(成膜) + 応用]
- 富士通研究所 セラミックス研究所(解析)]

## ■ 成果：目標に書いた構造のデバイスの実現

