

# 長期海外派遣報告書

MERIT2期生 電気系工学専攻  
博士2年 田尻武義

## 概要

2016年1月5日から2016年3月15日まで、オランダのエンスヘーデにあるTwente大学のComplex Photonic Systems(COPS)講座に所属しているWillem L. Vos教授の下で研究をさせて頂きました。

## 派遣先研究室のこれまでの研究

三次元的な屈折率周期性を光の波長程度で有する三次元フォトニック結晶(Three-dimensional Photonic Crystal: 3D PC)は、その周期と同程度の波長に光の禁制帯(Photonic Band Gap: PBG)が生じるため、光の絶縁体として振る舞うことが知られている。PBG帯域では、結晶欠陥の導入によって、欠陥部に局在した光状態の生成が可能であり、光共振器や光導波路などの光素子の集積化への応用が可能となる。しかしながら、光通信波長帯域において3D PC中に光素子を大規模に集積するには作製技術的に困難を伴うのが現状である。派遣先の研究室では、Siウェハの上面と側面の二面から、10  $\mu\text{m}$ 程度の深さの周期的に並ぶ円孔をエッチングにより形成することで、光通信波長帯域にPBGを有する3D PCの作製に成功している。近年は、上面と側面の2パターンのエッチングマスクを単一の電子線描画で同時に形成するための作製プロセスの開発や共振器構造の導入とその評価等が検討され始めている。

## 長期海外派遣期間中の研究内容及び研究成果

本派遣における私の研究目的は、単一の電子線描画により2パターンのエッチングマスクを同時に形成する方法を用いて作製された3D PC共振器の光学特性評価を行うことである。光学特性の評価は、研究室で使用されている光学系を使って、試料から観測される反射スペクトルに基づいて行われる。PBGの波長帯域では、光の絶縁体としての特性により、高反射率が観測され、共振器の共鳴波長付近では反射率が極端に低下するディップ状のスペクトルが観測されることが理論的に予測される。しかしながら、実際に試料から測定された反射スペクトルには、解析により期待されるPBG帯域で反射率が増加するものの、その値は通常バルクSiと同程度で光の絶縁体と呼ぶには反射率が低かった。また、ノイズも多く、共振器モードの有無を反射スペクトルから示すにはノイズの抑制も重要であった。

私は、Vos教授の指導の下、博士2年生のGrishinaさんと修士2年生のHofsteさんと共に、まず、この問題の解決に取り組んだ。ノイズの抑制については、Yuce博士のアドバイスを頂きつつ、光学系の改変を行うことで、ある程度改善できることが分かった。しかしながら、

3D PC構造からの反射率が低い原因については、参照試料として2D PCの測定を行ったところ、過去の結果をよく反映することがわかり、光学系ではなく試料側に問題がある可能性が高いと考えられた。はっきりした結論を出すためにも、私が日本で作製している3D PCの試料を参照用として提供することで話を進めている。

共振器モードの光学特性評価に向けて、反射スペクトルの偏光依存性の測定を行った。共振器からのスペクトルは一般に直線偏光である一方、3D PCのPBGは偏光に依存しない特徴がある。実際に測定したところ、PBG帯域中に偏光依存性を示すディップ状の反射スペクトルが観測された。PBG帯域中の反射率は依然として低いが、比較的明瞭に上記振る舞いが見えていることから、今後議論を経て結論を出したいと考えている。

### オランダでの研究生生活

Twente大学はドイツとの国境付近の小さな町「エンスヘーデ」の近くにある。田舎町という事もあり、キャンパスは広く、比較的安価に寮が借りられる他、スーパーマーケットや美容院など生活に必要なお店はキャンパス内に一通りある。自転車が移動手段として盛んに利用にされており、私もVos先生の勧めで自転車をレンタルし、エンスヘーデの中心地へ行く際等に利用した。

研究の進め方は基本的にGrishinaさんと方針を議論しつつ共同で実験を行った。週一回COPS講座の方々に打ち合わせを行い、前回からの進捗のプレゼンと今後の研究計画を説明する。また、二週間に一回、Vos教授と個別面談があり、より詳細なデータの吟味と研究方針に関する議論を行う。実験装置の改変や、実験装置の修繕が必要な場合等には、Emre博士、Hofsteさん、技術職員のC. Harteveldさんからもご協力を頂いた。朝と夕のコーヒータムおよびお昼のランチタイムでは大きなテーブルに集まり会話をしながら過ごすのが日常で、生活面を含めわからないことは何でもここで聞くことができた。オランダでは、英語を流暢に話せる人が多く、英語が苦手な私は、ハイテンポで進められる議論には、ついていけないことが多々あったが、個別打ち合わせでは、ご親切に対応して頂き、徐々に慣れていくことができた。日本に比べると、コミュニケーションの機会が豊富に与えられているので、研究の課題等が共有されやすく、議論が活発になりやすいのは良い点だと感じた。

### 謝辞

この度、本派遣をご支援して下さった MERIT プログラムと MERIT 事務局の方々に深く感謝いたします。また、本派遣を受け入れてくださった Twente 大学, COPS 講座の Willem L. Vos 教授と研究と生活の両面において様々なご助言やご協力を頂いた E. Yuce 博士、C. Harteveld さん、D. Grishina さん、J. G. Hofste さん、N. Timmer さんおよび COPS 講座の皆様にも大変感謝致しております。また、今回の渡航をご支援して下さった荒川泰彦教授と岩本敏准教授および荒川岩本研究室の皆さまにも深くお礼を申し上げます。