

第 27 回冬期講習会参加報告

船 戸 広 義

((株)リコー研究開発本部)

第 27 回冬期講習会が 2001 年 1 月 15~16 日東京大学生産技術研究所で開催された。今回は「フォトニック結晶と極微周期構造の光学」と題して、応用物理学会等でホットな分野であるフォトニック結晶の基礎から応用を幅広く講義する講習会として開催された。

参加者は定員を超えて 115 名となり、さらに 20 名程参加を断らざるを得なかったとのことでこの分野に寄せられる関心の高さをうかがうことができる。今回の講習会は 1 日目に基礎的理論が 2 人の講師により時間をかけて解説され、2 日目には 7 人の講師により極微構造の各種作成法および素子の応用を幅広く講義する構成となっていた。以下に概要を記す。

1 日目 (1 月 15 日)

「周期場中での光の特徴、周期場中での光と物質の相互作用」大高一雄氏 (千葉大)

日本光学会の岩田幹事長の開会挨拶に続き、千葉大学の 大高教授の講義から始まった。大高先生はフォトニック結晶という概念を世界で最初に提唱された方である。まず電子系のバンド構造におけるバンドギャップ形成および周期場における光子のバンド構造について解説された。さらにフォトニックバンドの計算法、およびフォトニックバンドの特徴である群速度の方向が大きく変わるスーパーブリズム効果や群速度を小さくした電場の増強効果、透過/反射とフォトニックバンドの関係、近接場での増強効果などが理論的に解説された。

「周期構造中の光の場の解析」迫田和彰氏 (北大)

フォトニック結晶中の電磁場解析法として平面波展開法と振動双極子法が紹介され、特に振動双極子法は対象が限定されず複雑な系に対しても計算量が増加せず誘電率の周波数依存性にも対応できる手法である。この手法で時間項も入れて時間領域差分法 (FDTD 法) で数値的に解く方法がフォトニック結晶を解析する最も一般的な手法という

ことである。FDTD 法は並列計算に適していて計算速度の向上が可能で、複雑な構造を解析した例が示された。

2 日目 (1 月 16 日)

「フォトニック結晶の応用技術」馬場俊彦氏 (横浜国大)

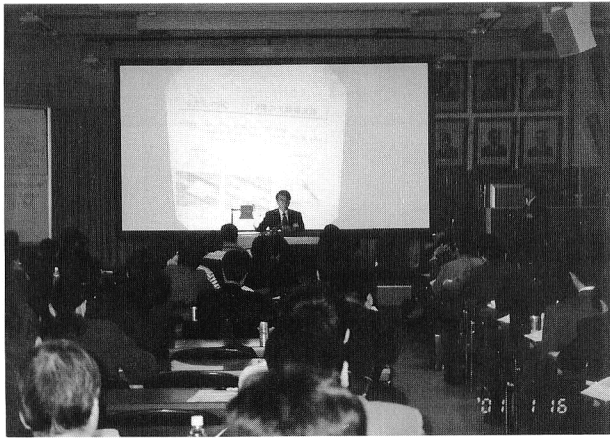
フォトニック結晶研究の歴史が紹介され、12 年前に大高先生がフォトニック結晶の概念を提唱されて以来、バンド計算、シミュレーション、構造の提案、作製法、基本実験、応用技術の順で研究が順次拡大してきたことが発表論文の統計により示された。特に最初は米国中心で、中期以後日本の研究が多数を占めるようになったことが紹介された。

フォトニックバンドギャップ (PBG) が光の伝搬、発生を禁止する多層膜のストップバンドの拡張版であることが示され、2 次元結晶における格子構造、格子を構成する形状と PBG の関係が述べられた。作製技術 (特に 2 次元結晶) については、パターン作成はステッパー露光あるいは EB 露光で対応でき、加工技術については高アスペクト比の形状が必要なため異方性ドライエッチング、ウェットエッチング、陽極酸化、選択エピタキシャル成長などが適用できるということである。次にフォトニック結晶の応用について発光素子への応用、光導波路、光回路への応用などが解説された。発光素子への応用は、PBG を生むフォトニック結晶で欠陥部を囲めばレーザー構造になり、究極は無閾値レーザーの実現にもつながることが示された。光導波路への応用はフォトニック結晶に欠陥列を導入するとチャネル導波路になり急激な曲げ導波路の実現も可能となる。これにより光回路を従来より長さで 100 分の 1 にできる可能性があり、最近曲がり導波路を含む光伝搬が確認された。今後の課題として、動作を正確に把握するための 3 次元シミュレーションの確立、作製しやすい PBG 構造の探索、そして応用の議論がさらに必要とのことであった。

「多次元周期構造の一括形成技術」川嶋貴之氏 (東北大)

バイアススパッター法による多次元周期構造作製方法が紹介された。同方法は成膜条件により周期的凹凸をもった

E-mail: funato@rdc.rioh.co.jp



冬期講習会講義風景（於東大生研）．実行委員会本宮氏（東芝）提供による．

基板への堆積が基板周期性を保存したまま進めることが可能で、積層周期構造によりフォトニック結晶が実現できることが示された．応用についてはフォトニックバンドギャップ以外も含めた「フォトニックバンドエンジニアリング」の概念を提唱し、短期的には偏光分離素子、偏波選択回折格子などの光学素子への応用、中期的には格子変調という概念に基づいたフォトニック結晶を波長選択フィルターや導波路型機能デバイスに応用する研究、長期的には積層で形成した2次元結晶を基板に垂直な孔を周期的に開けた構造にしてバンドギャップを拡大する研究構想が紹介された．

「光学的な微細構造の形成」三澤弘明氏（徳島大）

フォトニック結晶の作製法として紫外線硬化樹脂にフェムト秒レーザーを照射してサブミクロンオーダーのフォトニック結晶を作製する方法について解説された．フェムト秒レーザーと3軸ピエゾアクチュエーターにより作製した円柱ロッドが交互に積み重なった3次元構造が、今後のフォトニック結晶の有望な作製法であると示された．

「半導体微細構造のドライエッチング」浅川 潔氏（FESTA）

2次元フォトニック結晶を半導体で実現するための半導体ナノ加工技術について、電子ビーム露光とナノサイズドライエッチング技術による作製法が解説された．III-V族化合物半導体への微細構造形成についてプロセス条件およ

び2次元フォトニック導波路を実現するためのクラッド構造の形成法も示された．

「共鳴領域の回折光学素子」菊田久雄氏（大阪府大）

回折光学分野での解析手法の紹介がありフォトニック結晶素子との関連についても言及された．微細構造の周期が波長と同程度な場合を「共鳴領域」とよび、この領域の電磁界理論について rigorous coupled wave analysis (RCWA) などの手法が紹介された．共鳴領域の回折格子により、偏光分離素子、色補償された複屈折位相板、導波モード共鳴格子フィルターなどの機能素子へ応用した例が述べられ、これらフォトニックバンドギャップを利用しないサブ波長格子は広い意味でのフォトニック結晶に入れる考え方もあり今後回折光学分野との研究領域の統合が必要となることを示した．

「蝶鱗粉の構造と光学特性」松田豊稔氏（熊本電波高専）

生物のモルフォ蝶の羽の表面にある鱗粉の微細構造が青色付近の光を強く反射する性質をもっている．この微細周期構造による発色について構造をモデル化し光学特性をシミュレーションで求めて構造的発色のメカニズムを明らかにする試みが解説された．

「励起子共鳴を導入した周期構造」石原照也氏（理研）

無機有機複合ペロブスカイト半導体は強い励起子吸収をもつ物質で、この材料により周期凹凸構造の基板上に形成したスラブ導波路の透過スペクトルにおいて励起子吸収ピークの分裂が起きる．これは周期構造の導入により励起子と光の相互作用が強く起こったためで、さらに励起子吸収付近を強く励起すると大きな光非線形性が生じ超高速光スイッチなどへの応用へつながることが示された．

以上2日間にわたり基礎から応用まで解説され、この分野全体をじっくり聞いてみたいと思っていた筆者にとって今回の講習会は非常に有益であった．今回熱心に講義していただいた講師の方々と企画運営をされた実行委員会に深く感謝したい．また会場となった東京大学生産技術研究所は今年3月で移転のため閉鎖されると聞く．この会議室で日本光学会の数多くのシンポジウム、講習会が開かれてきた．学会の発展にも寄与したこの生研会議室に掲げられた歴代所長の肖像写真を眺めながら感慨ひとしおのものがあつた．