

ナノスケールからシステムスケールまで

サンジェイ・ガンガダーラ

設計エンジニアは、最新光学デバイスの性能を予測するために、複数のスケールにおいて高精度なシミュレーションを実行できる必要がある。

光学デバイスは今日、データセンターから自動運転車に至るまでの、ますます複雑な用途に使われている。多くの場合で、望ましい光学特性を得るには、波長スケールでの光の操作が必要である。設計者は、個々のコンポーネントと回路をより大きなシステムに集積するために、ナノスケールとマクロスケールの両方において、効果的に作業できなければならない。

例えば、発光ダイオード(LED)の表面のナノスケール構造は、その効率を高めることが示されている。これらのフォトリック結晶の屈折率は、光の波長のスケールで周期的に変化する。このようなLEDのアレイをモデル化するために設計者は、ナノスケールで高精度なシミュレーションを実行できると同時に、そのスケールを拡大して多数のデバイスを素早く効率的にシミュレーションできる必要がある。

高精度な光学システムの設計

米アンシス社(Ansys)は2021年に、

ゼマックス社(Zemax)を買収した。ゼマックス社の「OpticStudio」ソフトウェアは、高精度な光学システムの分析、最適化、公差解析に広く利用されている。OpticStudioは、光の波長よりもはるかに大きな構造に対する光の相互作用のモデル化を目的に設計されているが、アンシス社は、ユーザーがナノレベルからシステムレベルに至るまでのさまざまなスケールで作業できるように、包括的なプラットフォームを提供している。

このプラットフォームには、OpticStudioに加えて「Ansys Lumerical」と「Ansys Speos」が含まれている。前者は、マクスウェルの方程式(Maxwell's equations)を解くことにより、波長スケールの構造に対する光の相互作用の高精度なシミュレーションを実行するために使用されるもので、後者は、システムレベルの視覚化、検証、レンダリングを可能にするものである。

Speosは、人間の視覚と知覚をシミュレーション機能の一部として考慮することができる。これは、自動車のヘッドライトや拡張現実(AR)／仮想現実(VR)ヘッドセットなどの用途に対して非常に重要なことである。これによってエンジニアは、それが人間の目によってどのように知覚されるかを十分に理解した上で、光学システムを設計することができ、それは、システムを市場に提供できる状態になるまでに構築しなければならない高価な物理的プロトタイプの数に減少につながる。

このプラットフォームは、ナノスケールからシステムレベルに至るまでのすべての設計とモデル化に対応するように設計されており、これらのソリューションを使いやすいインターフェースによってシームレスに接続するための取り組みも進められている。現代的な光学製品および光学的に実現される製品の開発に必要な、マルチフィジックス、マルチスケールのシミュレーションを行う能力が、設計エンジニアに与えられる。

光学設計ツールによる

フォトニック集積回路の実現

フォトニック集積回路(PIC)は、情報を計算して伝送する方法を転換する。電子回路と比べてPICは、卓越した拡張性と効率を備えるが、新しい技術であり、その可能性を引き出すための新たな計算ツールを開発する必要がある。

PICは、次世代のデータセンターに不可欠となるものである。人工知能(AI)、5G、ハイパフォーマンスコンピューティング(HPC)の台頭によって、データ要件は急速に増大しており、



Ansys Opticsのテールランプのマイクロオプティクス設計(画像提供:アンシス社)

それに対応するには、処理能力の指数的な増加が必要である。今日のデータセンターにおいて情報は、光ファイバケーブルと電子チップの間で、銅相互接続を使用して伝送されている。帯域幅要件の増加に伴い、これらの銅リンクはあまりにも多くのエネルギーを消費するようになるため、フォトニック／光学相互接続は、この問題に対する必須の解決策である。

プラグブルオプティクスは、データセンターのパフォーマンスを向上させてエネルギー消費を削減するための短期的な解決策であると多くの人々にみなされており、利用可能な状態にある。電子部品とフォトニック部品を単一の基板に集積した、コパッケージドオプティクス (Co-Packaged Optics : CPO) は、帯域幅密度を増加して消費電力を低減することができる。Ansys社は既に、電子ツールと半導体ツールをポートフォリオに保有しているが、エンジニアが効率的かつ効果的にCPOベースのシステムを設計できるように、これらのツールをフォトニックシミュレーションソリューションにより緊密に統合するための取り組みを進めている。

システムの小型化とメタレンズ

従来のレンズは、さまざまな波長にわたって優れた機能性と画質を提供する。しかし、レンズの曲率によって、光がレンズでどのように屈折するかが決まるため、光学デバイスの小型化を図る設計者は、従来の材料では限界があることに気づく。このことから、メタレンズやメタサーフェスに対する関心が高まっている。ナノパターンが施されたこれらの表面は、光の操作に利用できる。

これらのフラットで薄いデバイスは、複数のレンズの機能を1つの表面に組み合わせることができる。これは、研究開



Ansys Opticsは、UVからLWIRに至るまでのあらゆる種類のセンサカメラ設計をサポートしている

発段階の分野だが、ますます多くの企業がこれに関心を寄せている。その1例が、ミルモータティブ社 (Lumotive) である。同社は、民生、産業、車載分野を対象としたリモートセンシング (LiDAR) 用に光線を操作する、液晶メタサーフェスを開発する新興企業である。

効率とユーザーエクスペリエンスの向上

新しい材料やデバイス用のツールキットの開発に加えて、光学設計ソフトウェアの開発者は、自社のソフトウェアをさらに高速かつユーザーフレンドリーにするために、新しい技術を活用している。

このアプローチを開拓したのはAnsys社である。同社は、GPU (Graphics Processing Unit) とクラウドベースのクラスタを使用した、高性能機能を提供している。例えば、Ansys社は2023年に、同社の光学シミュレーションソフトウェアをGPU上で実行すると、標準的なノートPCのCPU (Central Processing Unit) で実行する場合と比べて、シミュレーション時間を最大で60分の1に短縮できることを示している。

光学シミュレーションを現実化に近づける

理想化されたモデルは、実際の光学部品の振る舞いを捉えられていない場

合が多い。デバイスを量産する場合、製造時のばらつきがその性能に与える影響を理解することが、非常に重要である。Ansys社は、DFM (Design For Manufacture) に重点を置いているため、ユーザーは実世界の影響をシミュレーションに含めることができる。

同社は最近、「composite surface」(合成面) 機能をリリースした。レンズ表面の突起や欠陥を捉えるこの機能は、デバイスが形状の変化にどれだけ敏感であるかを、設計者が理解する上で役立つ。

これ以外にも、光学デバイスの性能は、外力、振動、温度変化に依存する機会が多い。「Ansys Mechanical」は、外部の構造的負荷や熱的負荷が、光学部品内の形状と温度の両方をどのように変化させるかをモデル化できる。それらの影響はその後、OpticStudioのSTAR機能によって、このソフトウェアツールに取り込むことができる。このようなワークフローを使用して、衛星の光学部品に対する重力変化の影響などの現象を調査することができる。

光学設計の未来

開発者は、顧客からのフィードバックに耳を傾け、ユーザーにとって有益となる次の機能セットを予測することにより、イノベーションを推進することができる。ソフトウェア業界に携わる人は、業界でまだ考えられてはいないが次世代の光学製品の製造ニーズに応えるために役立ちそうな、独特で異なることを行うというアイデアに目を向ける必要がある。

著者紹介

サンジェイ・ガンガダーラ (Sanjay Ganga dhara) は、米Ansys社 (Ansys) のシニアプログラムディレクター。

URL: www.ansys.com

LFWJ