

M20210531_03 [Wien](#)

環境科学と医療で微量ガス検出する:結晶スーパーミラー

ウイーン大学の研究者は、Thorlabs、NIST、カンザス大学と協力して、100 万フォトンから 10 以下のフォトン吸収するセンシング関連中赤外波長範囲で、高性能レーザミラーの実証に初めて成功した。結晶材料をベースにした新プロセスで製造されているので、これらの低損失ミラーは、全く新しいアプリケーション領域を開く見込みがある。例えば、初期ガン検出のための光学的呼吸ガス分析、あるいはグリーンガス検出。研究成果は、Optica に発表された。

2016 年 LIGO レーザ干渉計で研究者は重力波の観察に初めて成功した。これはアルバート・アインシュタインが 1916 年に予言していた。時空の擾乱のこの波のような伝搬の観察への大きな貢献は、キロメートル長干渉計アセンブリのレーザミラーによるものである。極めて低い光学吸収損失へのこれらミラーの最適化が、そのような計測に必要な感度を実現する上で重要な進歩だった。「低損失ミラーは、多くの様々な研究分野にとって重要技術である。それは、ガン診断や重力波検出など、多様な研究分野につながっている」と Oliver H. Heckl はコメントしている。同氏は、Christian Doppler Laboratory (CDL) for Mid-IR Spectroscopy and Semiconductor Optics, の所長。

実際、同等のミラー特性は、非常に多くの実用的アプリケーションにとっても有望な技術的ブレイクスルーである。これに含まれるのは、特に、高感度分子分光学、混合ガスにおける微量物質の検出、研究の焦点は Christian Doppler Laboratory (CDL)。患者の呼吸の微量マーカー分子の検出によるガンの早期発見に例を見ることができる。あるいは、大規模天然ガス製造システムにおけるメタンガスリークの正確な検出、これは気候変動へのそのようなグリーンハウスガスの影響を制限することが目的である。

しかし、LIGO での実験とは違い、そのような研究は、可視光スペクトル外、中赤外範囲で行われることが多い。この波長領域は、「フィンガープリント領域」として知られており、多くの構造的に類似の分子が、その吸収ライン特性に基づいて明確に区別できる。したがって、この技術的に困難な波長域で、同様に低損失レベルを実現することは、フォトニクス界の長年の意向である。

これは、正に Oliver H. Heckl をリーダーとするチームが国際協力で達成したことである。この場合、低損失とは、新しいタイプのミラーが 100 万フォトンから 10 以下のフォトン吸収すると言う意味である。比較すると、商用入手可能なバスルームミラーは、約 10000 倍多くのフォトン「破壊」する。最高の研究で使用されているミラーでさえ、損失は 10~100

倍高い。

この飛躍的改善は、全く新しい光学コーティング技術の利用により可能になった。まず、高純度半導体材料の単結晶スタックは、エピタキシャル成長プロセスで堆積される。この単結晶多層は次に、独自のボンディングプロセスにより湾曲シリコン光学基板に移転され、ミラーが完成する。これは、CDL と NIST でテストされた。この固有の「結晶コーティング」技術は、産業パートナー、Christian Doppler Laboratory, Thorlabs Crystalline Solutions.によって開発され、実行された。同社は、2013 年、ウイーン大学からスピニアウトした。CMS は、2019 年に Thorlabs に買収された。この産業提携は、ドイツ連邦デジタル・経省(Federal Ministry for Digital and Economic Affairs)、およびアプリケーション志向基礎研究を推進する Crystalline Mirror Solutions (CMS)の国際的独自モデルの支援により実現した。Adam Fleisher の Adam Fleisher 研究グループも、この研究では重要な役割を果たした。

実際、この評価は、新しいミラーそのものの詳細な評価で、正確であることがすでに証明されている。以前には、カンザス大学教授、Hartwin Peelaers が理論的に探求した時、未知の効果、偏光依存吸収が半導体層に発見された。「この結果は、これらミラーのさらなる改善について絶好の機会を開く。非常に低損失であるので、われわれは、帯域と反射性をさらに最適化できる」と論文の共著者、Lukas Perner はコメントしている。

こうしたことを念頭にプロジェクトパートナーは、その技術の改善にすでに取り組んでいる。ミラーの光帯域を拡大することで、それらをいわゆる光周波数コムに効率よく使うことができる。これらより、特殊な復号混合ガスの分析が、前例のない正確さで可能になる。



図 異なる光学基板に貼りつけられた結晶干渉コーティング(© 2018 Georg Winkler, Universität Wien)