熱IRイメージングを低価格にする薄形シリコンフレネルレンズ

フランスの研究グループは、熱赤外線（IR）カメラを単純化して、低価格化することが可能な、小型で薄いシリコン（Si）フレネルレンズを設計し、作製した[1]。このレンズの解像度はさほど高くはないが、人の存在やいくつかの一般的な特徴を明らかにするには十分である。このイメージャの潜在的アプリケーションは、特に家庭用の、より安価な監視などがあると研究者たちは語る。

この非球面レンズは、厚さが1mm、f/＃が1.5、直径が4mm弱、そしてフレネル面がレンズの内側（像側）に形成されている（**図1**）。レンズストップは、レンズの前1mm以内の、ほぼテレセントリックな位置にセットされている。その結果として、65°入射角の視野周辺の光線はレンズのエッジ近くの領域によって集光され、入射角0°の光線を集光させるレンズ領域とは重ならない（そして、もちろん、主光線は、テレセントリックに、すべて光軸に平行である）。

レンズを薄くすることで、通常は使えないとされているSiをIRスペクトル領域の屈折光学材料としての利用を可能にした。重要なことは、このレンズは、フレネル面がSiの分散をほぼ完全に補償するため、7～14μmのスペクトル範囲にわたって色収差がない。

著者らは、彼らの薄いレンズ設計は、ゲルマニウムやカルコゲナイドなどの従来材料よりも安い材料を使用したことが、熱IRカメラレンズの低コスト化に向けたブレークスルーになった、と語っている。彼らは、仏ONERA（国立航空宇宙研究所）とInstitut d'Optique（光学系高等学校）、CNRS（国立科学研究センター）、ULIS（図書館情報大学）に所属する。

図1　厚さ1mm、直径4mm弱のフレネルレンズは、比較のために、ユーロセントと並べて示されている（挿入図）。このレンズは、Siレンズでは通常不可能なIR波長での撮像を可能にした。（資料提供：オプティクス・レターズ）

スーパーゾーン回折光学素子

フレネルレンズは、通常、2つの形がある。①「灯台」形；個々のゾーンが比較的大きく、屈折だけで集光させる（このタイプは分散が屈折材料によるものだけのため比較的小さい）。②回折バージョン（通称「フレネルゾーンプレート」）；これは光の位相をステップ状に正確に集光させる小さいゾーンで構成され、回折だけで焦点を合わせる（このタイプは回折本来のスペクトル特性によって分散がかなり大きくなる）。

新しいシリコンレンズは灯台スタイルと回折フレネルレンズスタイルの中間である。

米ハイペリオン・デベロップメント社（Hyperion Development）のチーフサイエンティスト、イアン・ウォールヘッド氏（Ian Wallhead）とFLIRオプティカル・コンポーネンツ・グループ（FLIR

Optical Components Group）のアラン・カスマン氏（Alan Kathman）が最近のLinkedInでの議論（両者に感謝）で指摘したように、このタイプのレンズは、実のところ良く知られていて、スーパーゾーン回折光学素子（DOE）または多次元DOEと呼ばれている。これらのレンズは、一次ではなく、より高い回折次数への道を開く回折特徴をもち、レンズ設計者に余分の設計自由度を与える[2]。

フランスの研究グループは、レンズの同心円リングの深さを増し、その数を減らして多次数DOEを作製した。これによって回折レンズの収差効果が許容範囲内まで低減した。この研究グループは、プロトタイプの画質テストにおいて、画像輝度と鮮明さの均一性が130°の超広帯域視野イメージャに十分であることを確認した。彼らは、汎用的なデジタル後処理で不均一性と歪みを補正した後、かれらのカメラでオフィス内の人々の有用な画像が得られることを実証した。

イメージングに向けて、このSiレンズを、画素ピッチが25μmの160×120ピクセルボロメータと組み合わせ（このプロトタイプの画像はわずか約80×60ピクセルを埋めたにすぎないが）、関連する電子モジュールをUSBインターフェースで制御した。

このレンズ設計はすでに特許を取得したが、本当に手頃な価格で市場に出すことがさらなる研究課題として残っているとNERAの博士号候補者であり、主執筆者であるタチアナ・グルーロイス氏（Tatiana Grulois）は語っている。このSiレンズの深さ50μmの形状は直接ダイヤモンド旋削で加工されたが、同氏は、われわれのチームは、より低価格のレンズ製造法（例えば、適切な材料のフォトリソグラフィや成型）を見出して、光学部品の製造コストを削減し、全イメージャの価格をさらに引き下げたいと望んでいると付け加えた。（John Wallace）

参考文献

（1）T. Grulois et al., Opt. Lett., 39, p. 3169（June 2014）.

（2）Dean Faklis and G. Michael Morris, Appl. Opt., 34, p. 2462（May 1996）.

LFWJ

光産業技術マンスリーセミナー

OITDA

Optoelectronics Industry and Technology Development Association

プログラム（10～11月）

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第 377 回 10月21日(火)15:30-17:30	「汎用光電子融合プラットフォームとしてのシリコンフォトニクス」 講師：山田 浩治氏 （NTT先端集積デバイス研究所　特別研究員）
第 378 回 11月18日(火)15:30-17:30	「車載光ファイバネットワークの現状と動向」 講師：各務 学氏 （豊田中央研究所　情報・通信研究部　主席研究員）

■場所　一般財団法人光産業技術振興協会
■定員　各６０名
■参加費　光協会賛助会員：1,500 円（税込み）　／　一般参加：3,000 円（税込み）
※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。

■申込方法　オンライン申込フォーム　>>> http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html
■申込締切　定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合には Web 上にその旨を掲載します。

問い合わせ先　一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当　潮田、綿貫
〒112-0014　東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F　TEL：03-5225-6431　FAX：03-5225-6435
E-mail：mly@oitda.or.jp　URL：http://www.oitda.or.jp/