

# レーザー炭素化による光学樹脂レンズの内部に遮光構造を形成

## — ゴースト・フレアを低減する新しい迷光対策技術 —

大津 信之

---

### 技術概要

光学樹脂レンズ内部にレーザー加工により炭素遮光構造を形成し、ゴースト・フレアの原因となる迷光を内部で吸収する新しい光学加工技術を開発しました。特殊レーザーと集光制御によりレンズ表面を損傷することなく内部のみを局所炭素化できます。形成される遮光体は高い光吸収性を有し、迷光経路に応じた任意形状で配置が可能です。試作レンズでゴースト低減と像コントラスト改善を確認しており、スマートフォンカメラや車載カメラなど小型光学デバイスへの応用が期待されます。

### 1. はじめに

スマートフォンカメラや車載カメラなどの小型光学システムでは、強い光源が存在する環境においてゴーストやフレアと呼ばれる迷光現象が発生することがあります。これらは画像コントラストの低下や視認性の悪化を引き起こし、光学設計における重要な課題となっています。

ゴースト・フレアの主な原因は、レンズ内部における多重反射です。レンズ面や内部界面で反射した光が、本来の光路とは異なる経路でイメージセンサに到達することで不要な像が形成されます。

近年、光学系の小型化や高性能化に伴い、

- 非球面樹脂レンズ
- 複雑な多枚数レンズ構成
- 自由曲面光学素子

などが多用されるようになり、迷光経路の制御はますます困難になっています。

従来の迷光対策としては、

- レンズ外周部への黒塗り処理
- 光学系内への遮光板配置
- 二色成形による黒樹脂配置

などが用いられてきました。しかしこれらの方法は主にレンズ外部からの遮光を目的としており、レンズ内部で発生する反射光を直接抑制することは難しいです。

そこで本研究では、光学樹脂レンズ内部に直接遮光構造体を形成する新しい迷光対策技術を開発しました。

---

## 2. 技術コンセプト — レンズ内部に遮光体を形成する

本技術では、レーザー加工により光学樹脂の内部を局所的に炭素化し、高吸収性の黒色遮光構造を形成します。この炭素化領域は可視光から近赤外域において高い光吸収性を示し、迷光を効果的に吸収します。

つまり、レンズ内部に“黒い壁”を形成し、迷光を内部で吸収するという新しい遮光方式です。実施例として、図1に樹脂内部に壁を形成したものを示します。図2にその応用例としたレンズのコバ内部に形成した遮光体の断面を示します。図3にレンズのコバ部に形成した遮光体の断面拡大図を示します。何れも黒い部分が樹脂内部に形成した炭素相です。

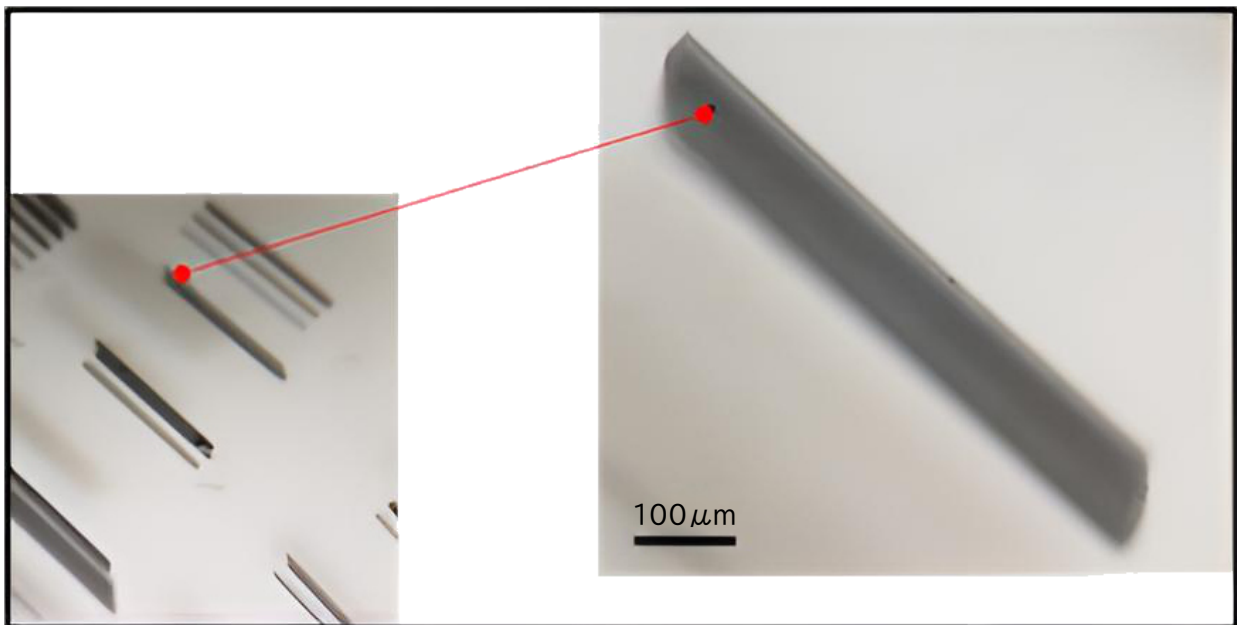


図1 光学樹脂内部の遮光体

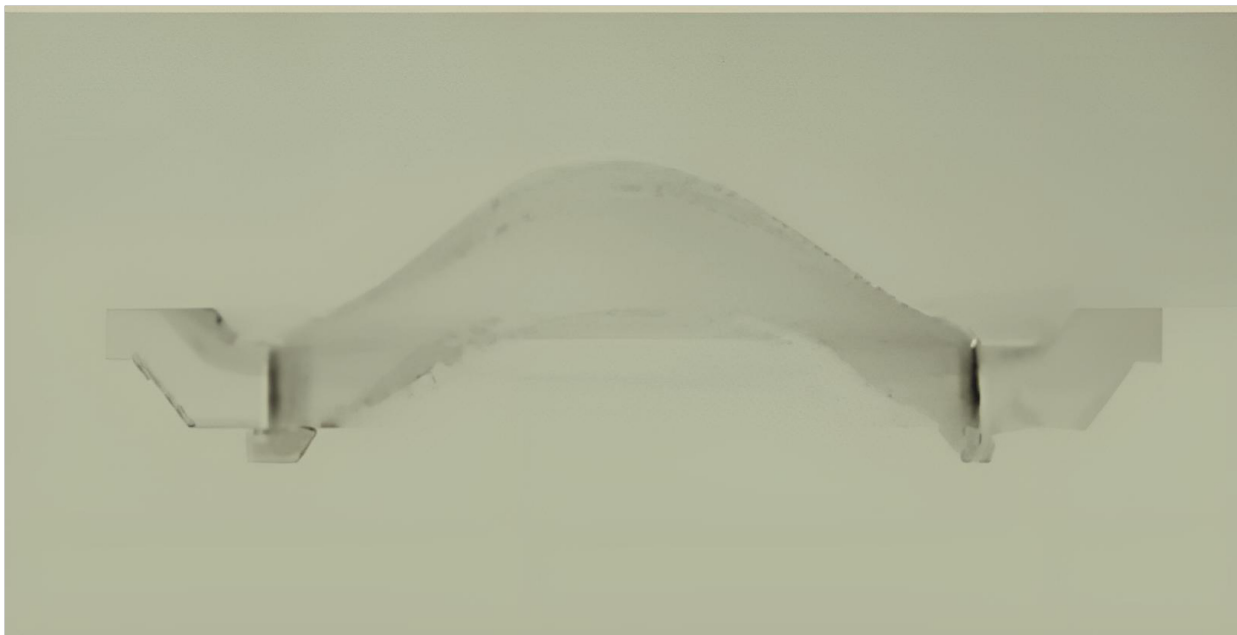


図2 レンズコバ部の遮光体断面

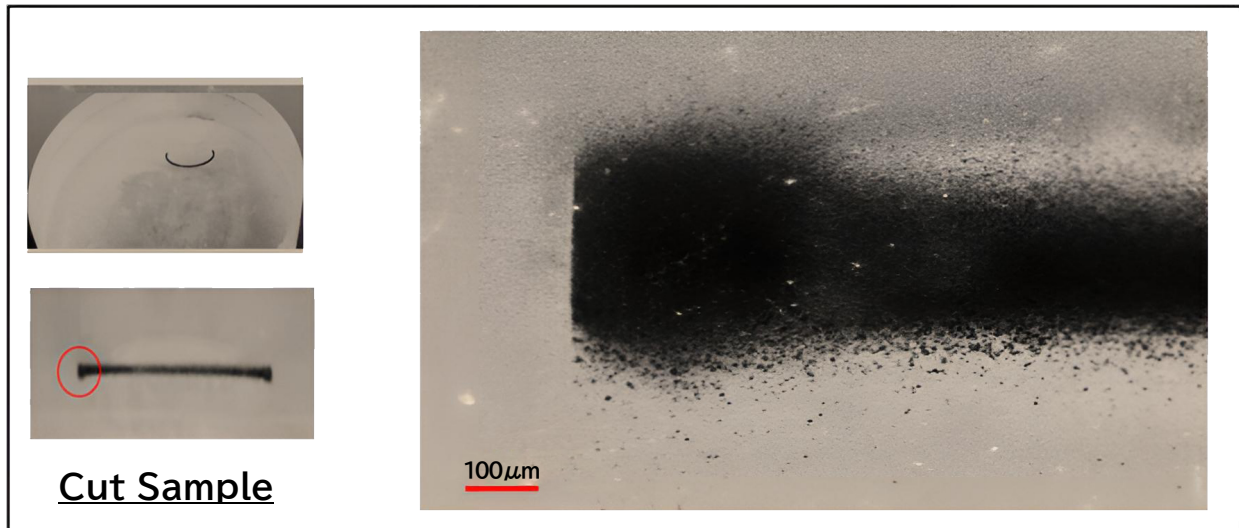
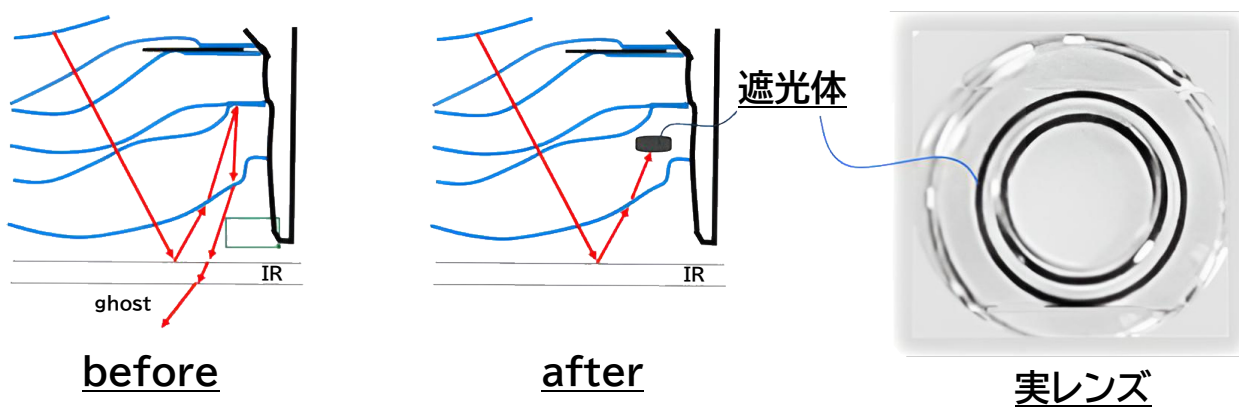


図3 遮光体の断面

従来技術が外側から光を遮る方法であるのに対し、本技術は、迷光が発生する光路そのものに吸収体を配置するという点に特徴があります。

これにより、従来では対策が困難であった内部反射起因のゴースト光を効果的に抑制することが可能となります。



### 3. レンズ内部加工を可能にするレーザー集光技術

光学樹脂材料の内部のみを選択的に加工することは容易ではありません。特に、表面形状が平面とは限らない光学素子に対して内部加工を行う場合、外形形状に起因する光の屈折や反射の影響により、エネルギーを所望の位置へ高精度に集光することが困難となります。また、表面の損傷を回避しつつ内部の局所領域のみにエネルギーを付与することも重要な課題です。

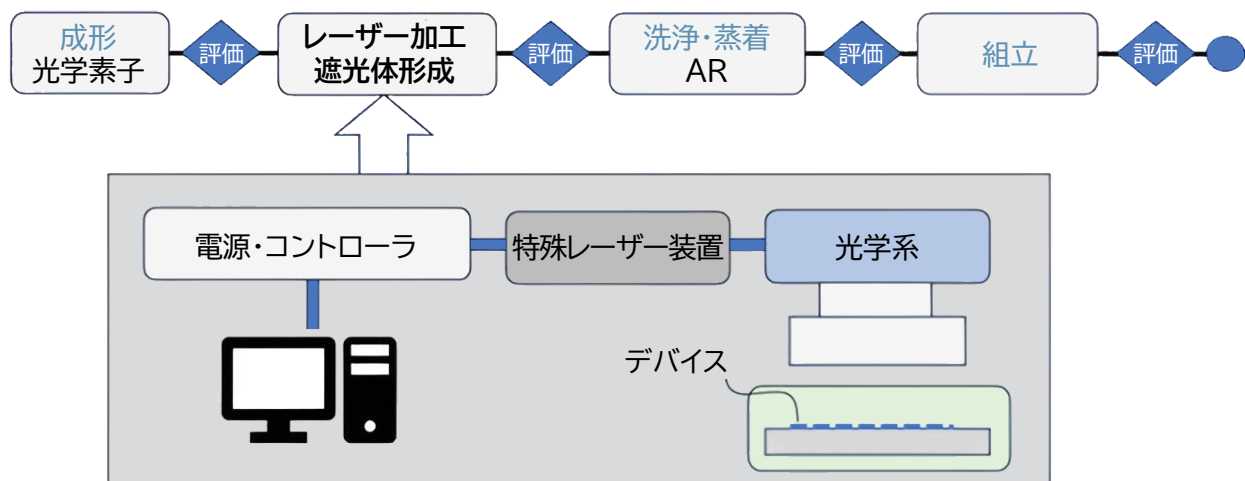
一方、炭素化は、不活性ガス雰囲気下あるいは酸素を遮断した条件において、数百～千℃程度の高温加熱によって進行する現象です。したがって、樹脂内部で炭素化を誘起するためには、被ワーク外形形状の屈折影響を受けずに材料内部の微小領域を局所的に高温状態へと導く技術が必要となります。

そのために開発したのが、**特殊レーザー光源と独自の集光制御技術**です。

レーザーエネルギーを非球面や自由曲面など複雑な形状の樹脂内部の狙った位置に集中させレーザーの出力・パルス幅・集光位置を精密に制御することにより、光学素子の内部の微小領域において選択的な炭素化を誘起する加工方法を考案し装置化しました。

- レンズ表面を損傷させない
- 外形形状による屈折の影響を受けない
- 内部の特定位置にエネルギーを集中させる
- 表面溶融の抑制
- クラック発生の防止
- 内部のみの炭素化

が可能となります。



## 4. 炭素遮光構造の特性

レーザー加工により生成される遮光体は、以下の特徴を有します。

材質

- 炭素相(黒色)

光学特性

- 樹脂内部で可視～近赤外領域で高い吸収率
- 樹脂内部で反射および散乱の低減

形状設計

光学シミュレーションによる迷光解析に基づき、

- 線状、円状、面状、格子構造、ドット構造

など、任意の形状で配置することが可能です(図5)。

これにより、特定の迷光経路のみをピンポイントで遮断することができます。

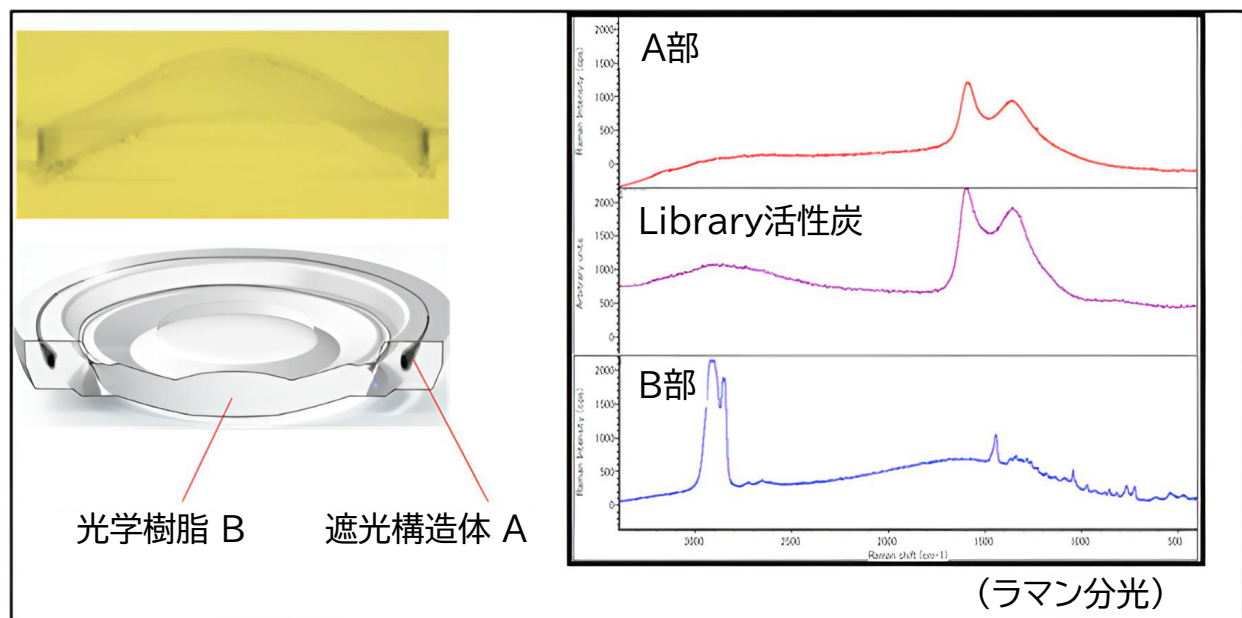


図4 炭素

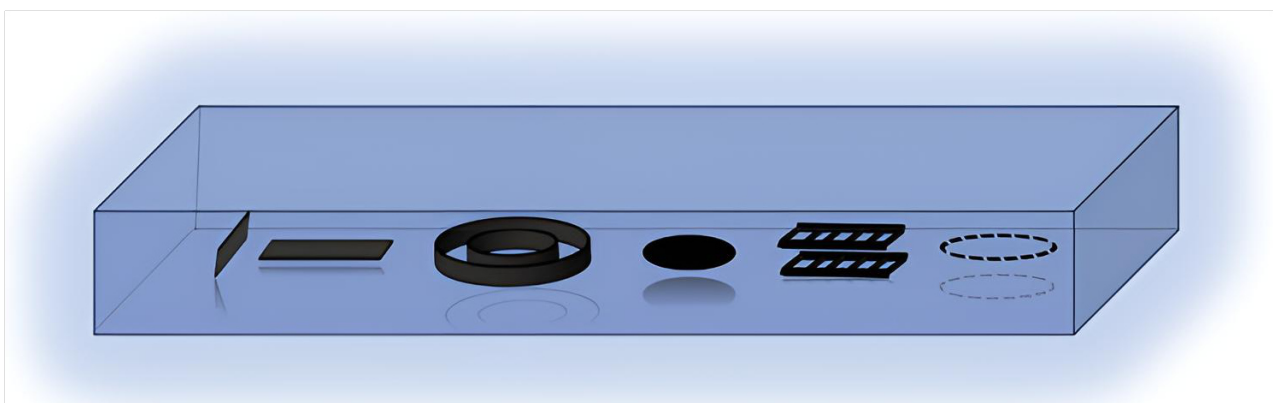


図5 任意のパターン

## 5. 評価実験

試作として、直径5 mmの光学樹脂レンズのコバ部内部に遮光構造体を形成し、ゴースト低減効果を評価しました。

その結果、

- 特定光路に起因するゴースト強度の低減
- 像コントラストの改善

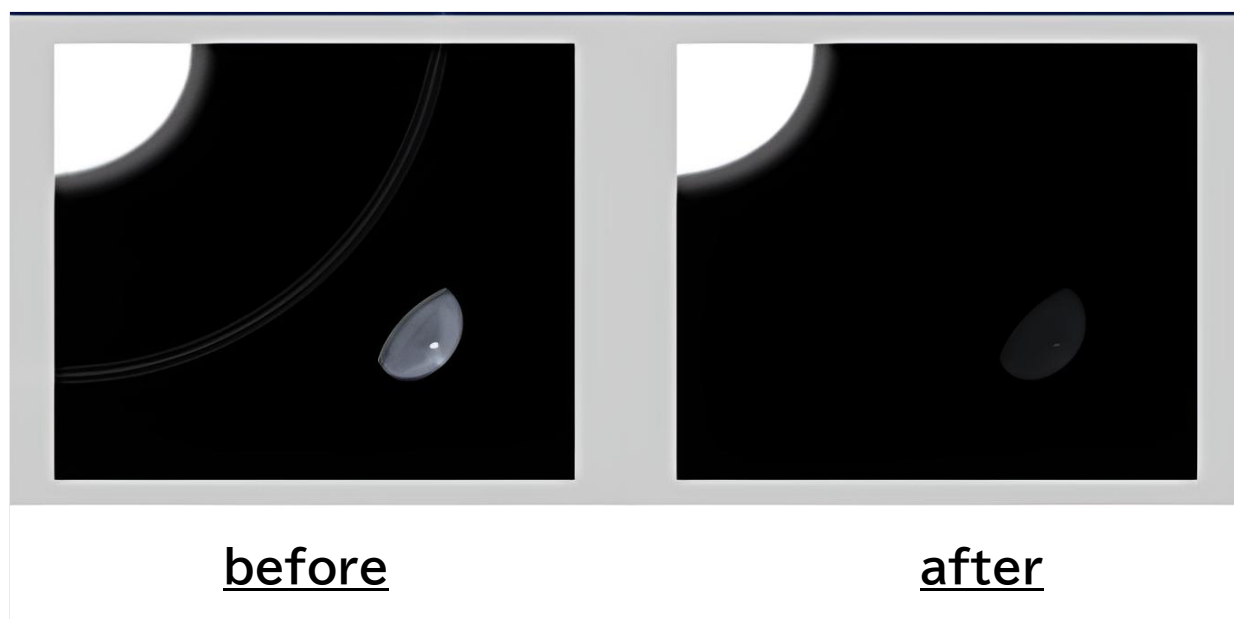
が確認されました。

また加工によるレンズ形状への影響を評価したところ、

レンズ精度変形量:  $PV = 0.1 \mu\text{m}$ 以下

と非常に小さく、レンズ面精度への影響は認められませんでした。

レンズコバ部に形成した遮光体上部の表面形状の変化量は  $PV = 0.5 \mu\text{m}$ 以下と非常に小さく、形状変化の影響は認められませんでした。



---

## 6. 量産化への取り組み

本技術は研究段階にとどまらず、量産化も視野に入れて開発が進められています。

現在、

- $\phi$ 150 mmエリア内での多数個取り加工
- 自動化を考慮した装置設計
- 加工安定性の向上

などが進められています。

また、以下の光学材料への適用が可能です。

- PMMA
- PC
- COC
- COP

これにより、スマートフォン用カメラレンズや車載カメラレンズなどの量産光学部品への適用が期待されます。

---

## 7. 応用分野

本技術は、内部反射による迷光が問題となる様々な光学デバイスに応用可能です。

- スマートフォンカメラ
- 車載カメラ
- 監視カメラ
- AR/VR光学素子
- 光学フィルター
- 特殊プリズム

特に夜間撮影や強い光源環境において、ゴースト・フレアの低減効果が期待されます。

## 8. まとめ

本稿では、レーザー加工によって光学樹脂レンズ内部に炭素遮光構造を形成する新しい迷光対策技術について紹介しました。

本技術の特徴は以下の通りです。

- レンズ内部のみを加工するレーザー技術
- 高吸収性炭素相の形成
- 光路解析に基づく自由配置
- 量産化を考慮した加工装置設計

従来の外部遮光とは異なり、**迷光の発生源を内部で直接抑制する新しいアプローチ**として、今後の光学デバイスの高性能化に寄与することが期待されます。

今後は、加工エリアの拡大(φ200 mm以上)や、様々な光学系デバイスへの適用を進めていく予定です。

## 特許

特許第7831850号(特願2023-143979)『レーザ加工方法』

