

# ●赤外線センサーカバー兼フィルター「アロニックス®シート NIR シリーズ」 Aronix sheet NIR series for IR sensor covers and filters

神村 浩之  
Hiroyuki Kamimura

Key Word : LIDAR, Infrared sensor, Cover, Filter, Impact Strength, Retardation, Scratch resistance, Heat Resistance

## 1 緒言

第4次産業革命といわれるIoT (Internet of things) 社会の実現に向け、高感度なセンシング技術や通信技術の開発が盛んに行われている<sup>1)</sup>。自動車分野では、人工知能や通信およびセンシング技術を利用した完全自動運転の実現に向けて各自動車メーカーで着々と開発が進んでいる。

表1 自動運転のレベル

レベル	定義	ドライバーの状態
1	運転支援	ハンズオン
2	高度な運転支援	ハンズオフ
3	特定条件下の自動運転	アイズオフ
4	特定条件下の完全自動運転	ブレインオフ
5	完全自動運転	ブレインオフ

SAE International Standard J3016 で示されている自動運転のレベルを表1に示す。レベル2までは人が運転を行うが、レベル3以上はシステムが行う(アイズオフ、ブレインオフ)ことを想定している。2021年現在ホンダのレジェンドにより市販車でのレベル3が達成されている(図1)。

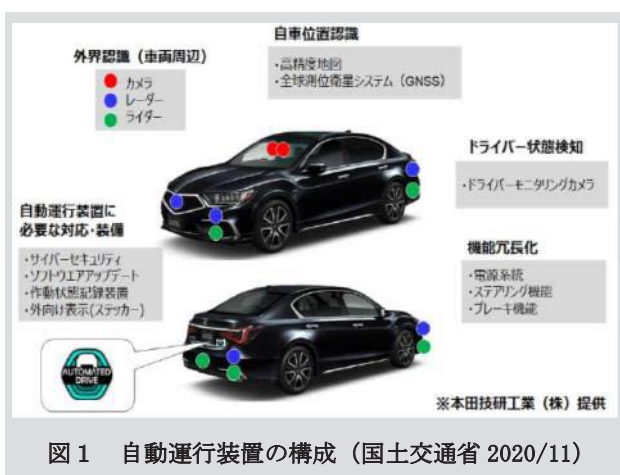


図1 自動運行装置の構成 (国土交通省 2020/11)

自動運転に必要なプロセスは認知、判断、操作と分けられ、とりわけ認知機能を司るセンシングは不可欠である。特にレベル3以上の自動運転においては、ローカリゼーション

(走行位置標定) 技術とそれを用いた障害物認識技術が必要とされている<sup>2)・3)</sup>。

現在自動運転向けに検討されているセンサーは、人間の目と同様の可視光による画像検知であるカメラ、ミリ波のレーダ、近赤外線レーザー光を用いる LIDAR (Light Detection And Ranging) に大別される。表2に示すように、各センサーの特性には一長一短があり、現状単独で複雑な環境の認識は困難である。そのため、複数のセンサーを組み合わせることで検出の信頼性を高めていると同時に各センサーの検出機能向上の検討が進められている。

表2 車載センサーの比較

特性	センサー/検知波長		
	カメラ 400-800nm	ミリ波レーダ 4-13mm	LIDAR 850-1600nm
空間分解能	○	△	○
距離	△	○	○
天候	△	○	△
夜間	△	○	○
路上物の識別	○	△	○
コスト	○	○	△

LIDAR は赤外線レーザーを用いるため、カメラでの検知が困難な夜間やミリ波を吸収しやすい段ボールなどの路上の落下物の検知で優位である。さらに空間分解能も高く3次元で物体までの距離と方位も検知できる。

そのため、レベル3以上で求められる道路状況の変化、フリースペースの検出に必須なセンシング技術と位置付けられており、LIDARの市場は34億円 (2020年) から1兆円 (2040年) へと拡大すると見込まれている<sup>4)</sup>。

LIDAR は近赤外レーザー発振器、受光器や光偏向装置の光学部材に加え、ノイズとなる可視光を遮断するフィルターおよび小石などの飛来物から本体を保護するカバー材で構成される(図2)。

東亜合成株式会社 R&D総合センター 製品研究所

New Products Research Laboratory, General Center of R&D, Toagosei Co., Ltd.

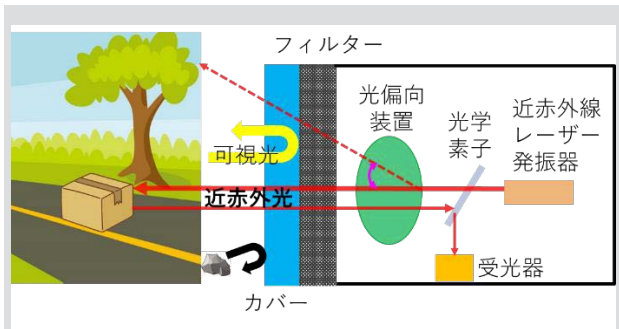


図2 LIDARの構成

既存のLIDARの光偏向装置はメカ式でサイズ（重量）も大きく、部品点数も多いため高価であることが普及の課題となっている<sup>5)</sup>。そのため小型低価格化のための開発が光偏向技術と検出技術を中心に行われている（表3）。レーザーの偏向方法として、従来のメカ式からMEMSミラー等を用いて部品点数を減らした非メカ式（Solid-State式）が主流となっている。検出方法はレーザー光の発信から受光までの時間で距離を算出するTOF（Time Of Flight）方式が現在主流であるが、レーザー光の位相差を利用し高精度かつ位置と速度の同時検出が可能なFM-CW（Frequency Modulated Continuous Wave）方式の実用化に向けた検討が進んでいる。

表3 LIDARの方式の分類と特長

	分類	方式	特長	課題
光偏向方法	メカ式	ミラー回転式	既存	大型 高価
	非メカ式	MEMS他	小型	狭偏向角
検出方法と赤外線	TOF	パルス 905nm	安価	低解像度
	FM-CW	連続波 1350, 1550nm	高解像度	高価

また、高速道路での自動運転では100m以上の長距離での感度の向上が必須であり、LIDARのさらなる高感度化を求められている。

当然LIDARを構成するカバーおよびフィルターも小型軽量化、高感度化が可能となる材料が必要となってくる。

当社ではカバーとフィルターを一体化することで部品点数の削減が可能なアロニックスシートNIRシリーズを開発した。本稿では諸物性の評価結果と加工性に関して紹介する。

## 2 カバー材としての性能

車載LIDAR用のカバーとして求められる性能は、小石などの飛来物に対する耐擦傷および耐衝撃性に加え、LIDAR筐体内のレーザー発振器から発生する熱に対する耐熱性が挙げられる。

アロニックスシートNIRシリーズの諸物性の評価を表4に示す。ハードコートのないNIRでも鉛筆硬度4H、両面ハードコート処理品NIR-HCでは6Hと高い耐擦傷性を有していた。また落錘耐衝撃試験は、化学強化ガラスと同等であった。耐熱性の指標となる荷重たわみ温度は、一般的なカバー材として使用されるポリカーボネート樹脂（PC）の140℃に対し、アロニックスシートは250℃以上であり、高い耐熱性を確認した。比重は一般的な樹脂と同等であり、ガラスカバーからの切り替えにおいて軽量化が期待できる。

表4 アロニックスシートNIRシリーズの物性

	化学強化ガラス <sup>a)</sup>	PC	アロニックスシート	
			NIR	NIR-HC <sup>b)</sup>
比重	2.4	1.2	1.2	1.2
曲げ弾性率	83GPa	2.5GPa	3.3GPa	3.5GPa
鉛筆硬度	>9H	HB	4H	6H
耐衝撃性 <sup>c)</sup> 50%破損高さ	50cm	>80cm	40cm	60cm
荷重たわみ温度 <sup>d)</sup>	>250℃	140℃	>250℃	>250℃

a) 化学強化層厚み>40μm、6面強化

b) 両面ハードコート処理品

c) 試験片 t1×60×60mm、支持体: 内径Φ50mm、錘: 40g  
先端径R5mm、割れるまで5cm刻みで落錘高さを上げ、50%試験片が割れた高さを記録。試験片数25

d) JIS K6911、曲げ応力1.8MPa、120℃/h

また、アロニックスシートNIRシリーズはブレーキフルードなどエンジンルーム周辺で想定させる有機溶剤や酸やアルカリにも高い耐性を示す（表5）。

表5 耐薬品性<sup>a)</sup>

溶媒	PC	アロニックスシートNIR
メタノール	○	○
濃塩酸	○	○
苛性ソーダ 48wt%	△	○
テトラヒドロフラン	×	○
酢酸	△	○
キシレン	△	○
ジクロロメタン	×	○
ブレーキフルード <sup>b)</sup>	△	○
アセトン	△	○

a) 室温24時間浸漬後外観○異常なし、△白化、×溶解

b) トヨタ純正2500H-A、85℃24時間浸漬

### 3 フィルターとしての性能

LIDAR のフィルターとして求められるのは、高い近赤外線透過率とノイズとなる可視光の遮断性能である。

LIDAR に使用される赤外線レーザーの波長でのアロニックスシート NIR の透過率は、反射防止 (AR) 膜のついていない状態でも 85%以上と高かった (表 6)。

表 6 アロニックスシート NIR の近赤外線透過率 (t2mm)

	透過率(%)		
	950nm	1310nm	1550nm
NIR	90.2	90.7	87.4

次にアロニックスシート NIR シリーズの分光スペクトルを示す (図 3)。各種染料の配合により、シャープかつ任意の波長で遮光特性を制御できることを確認した。

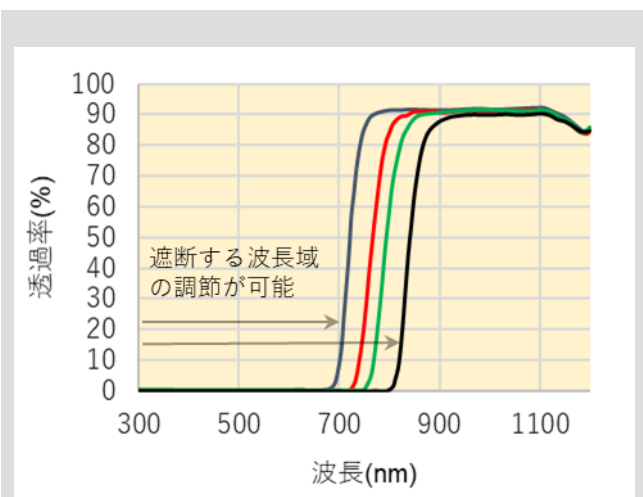


図 3 アロニックスシート NIR シリーズの分光特性

近赤外線レーザーの位相差を検出する FM-CW 方式の場合、低位相差かつ位相差分布も小さいことがフィルターおよびカバーに求められる。

表 7 赤外線領域での位相差分布 (t2mm)

	アロニックスシート NIR	PC <sup>a)</sup>
測定波長 <sup>b)</sup>	940nm	850nm
位相差平均	9nm	1849nm
最大-最小	46nm	2321nm

a) ユービロン NF-2000 三菱ガス化学 (株)

b) PA-300NIR (940nm)、WPA-200-NIR (850nm)、(株) フォトニックラティス測定

アロニックスシート NIR の面位相差分布の測定結果を表 7 に示す。耐衝撃性の高いポリカーボネート (PC) は、種々光学部材のカバーとして使用されているが、位相差および分布が非常に大きいことがわかる。それに対し、アロニックスシートは厚み 2mm での平均の位相差は約 9nm、最大最小の差がわずか 46nm と非常に小さく、光学的に均質であった。

### 4 耐久性

車載 LIDAR を想定した耐久性試験 1000 時間前後のアロニックスシート NIR の表面硬度、透過率の変化を表 8 示す。

表 8 耐久試験前後の鉛筆硬度と透過率

	初期	耐久性試験条件 (1000時間)			
		85°C85%RH	95°C	SW <sup>a)</sup>	
鉛筆硬度	4H	4H	4H	4H	
透過率(%)	905nm	90.2	90.2	90.2	90.3
	1310nm	90.7	90.4	90.8	90.9
	1550nm	87.4	86.0	87.4	87.2

a) サンシャインウエザーメーター : JIS A 6021 カーボンアーク、黒色板温度 63±3°C、18 分散水/120 分

いずれの条件でも、鉛筆硬度、赤外線透過率の変化は見られず、車載 LIDAR として不可欠な高い耐久性を有することを確認した。

### 5 加工性—湾曲カバー

樹脂であるアロニックスシート NIR は、レーザーカッターや NC ルーターなど汎用の加工機により、ガラスでは困難な微細な平面切削加工が可能である。

しかし、広範囲なセンシングに向けた LIDAR では、赤外線レーザー光の光路差が生じないように湾曲した 3 次元形状のカバー材も要求される。そのため、アロニックスシート NIR の湾曲カバーの製造方法の検討を行った。

アロニックスシート NIR は熱硬化樹脂であり、熱可塑樹脂である PC のようにプレスによる曲げ加工はできない。そこで、湾曲したガラス型を用い熱硬化することで湾曲カバーの元板 (R500mm) を作成した。得られた元板は熱可塑樹脂の曲げ加工で見られる寸法変化 (スプリングバック現象) もなく良好な寸法安定性であった。また、表面もガラス型と同等の平滑性であった。

さらに、湾曲したアロニックスシート NIR は荷重をかけ押し付けて撓ませてでも割れず、除荷すれば元の形状に復元した。つまり、湾曲カバー元板に荷重をかけ平面化することで汎用のレーザーカッター等で切削加工が可能となり、任意のサイズに湾曲カバーを加工することができた (図 5)。

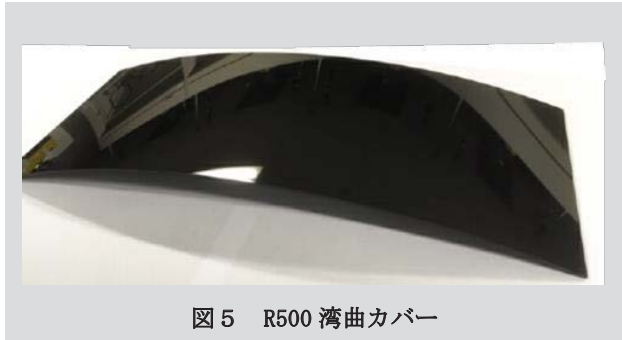


図 5 R500 湾曲カバー

## 6 加工性—表面処理

赤外線の透過率をさらに上げる方法として、反射防止 (AR) 処理が挙げられる。そこでアロニックスシート NIR へのスパッタによる AR 膜の成膜を行った (図 6)。成膜した AR 膜は、初期および 85°C 温水に 60 分浸漬後でも剥離は見られず良好な密着性であった。また、AR 膜の設計によりカバー表面に車体の色に近い構造色を呈色させ、目立たなくする加工も可能であった。

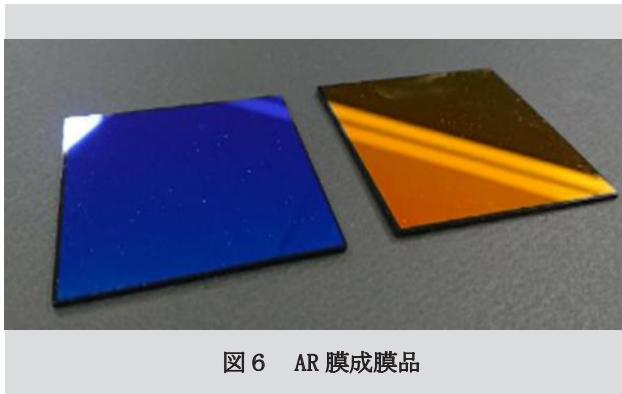


図 6 AR 膜成膜品

## 7 加工性—ヒーター化

車載 LIDAR は、車外に設置されるため寒冷地では冰雪等の付着が想定される。冰雪は赤外線が透過しづらく LIDAR の感度が低下するため、カバー前面の冰雪の除去が必要となる。冰雪の除去方法としてウインドウォッシャー液の噴霧などの機械的な装置のほかに、ヒーターにより加熱溶解する方法がある。今回、透明導電膜である ITO を成膜した COP (シクロオレフィンポリマー) フィルムを OCA (Optically Clear Adhesives) でアロニックスシート NIR に貼り合わせヒーター化し、性能を確認した (図 7)。



図 7 ITO フィルムによるヒーター化<sup>a)</sup>

a) COP/ITO フィルム: グンゼ (株) 製、30 Ω/□、ヒートラボ (株) で作成

ITO フィルムを貼り合わせた状態での透過率は 83.4% (905nm) であった。ヒーターは電圧 12V、90 秒で温度上昇  $\Delta T=34^{\circ}\text{C}$  に達し、良好なヒーター性能を示した。

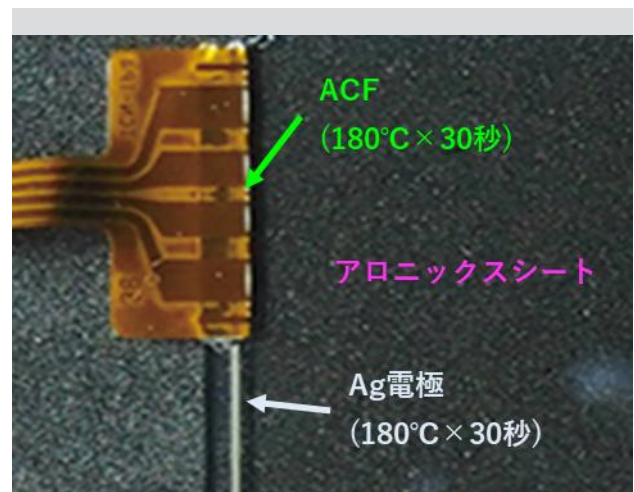


図 8 シート上への直接導電回路パターンの形成

また、アロニックスシート NIR は耐熱性が良好なことから、150°C 以上の高温処理が必要な Ag ペーストや ACF (異方導電性フィルム) を使用することができ、シートに直接導電回路パターンも形成することも可能である (図 8)。

現在アロニックスシート NIR 上へ直接導電回路パターンの形成により、高透過性かつ部品点数をさらに削減したヒーター一体型カバー兼フィルターの開発検討を進めている。

## 8 まとめ

開発したアロニックスシート NIR はカバー材として高い耐擦傷性と耐衝撃性を有し、フィルターとして高い赤外透過率と可視光遮断性能を有していることを示した。低い位相差お



---

よび位相差分布は、次世代の LIDAR の方式として注目を浴びている FM-CW 方式への応用が期待できる。

また、湾曲形状においても汎用の加工機で切削も可能であり、加工費の削減も見込まれる。

さらには、その耐熱性を活かしシートへ直接導電回路を形成できるため、ヒーター機構の一体化も期待できる。一体化による OCA などの部品点数削減は、LIDAR 小型化のみならず赤外線透過率、つまり感度の向上につながる。

今後、シート物性の改良とアロニクスシート NIR 特性を生かしたさらなる機能の集積化を検討し、車載のみならずドローン等にも適応可能な小型軽量 LIDAR に向けた新たな部材として提案を行っていきたい。

## 引用文献

- 1) 総務省 平成 30 年度版 情報通信白書
- 2) 情報管理 vol. 60 no. 4, pp. 229~239 (2017)
- 3) DENSO TECHNICAL REVIEW Vol. 21 (2016)
- 4) (株) テクノシステムリサーチ 2020-2021 年版 車載用センシングシステム市場のマーケティング分析
- 5) 電子情報学会誌, 102, pp. 649~653 (2019)