

低反射率で耐久性の高い偏光シートを印刷技術で実現

産業技術総合研究所、菱江化学株式会社、東海精密工業株式会社、伊藤光学工業株式会社と共同で、現在主流の二色性色素偏光シートよりも高耐久で、透明性が高く、反射率を従来のワイヤーグリッド偏光素子の 51 % から 1/10 以下に低減したワイヤーグリッド偏光素子をシート状に形成した低反射率・高耐久性ワイヤーグリッド偏光シートを開発した。

今回、金属インクでワイヤーグリッド偏光素子の構造を形作り、適切な焼成により、世界に先駆けて偏光度 99 % 以上、反射率 5 % 以下の低反射率ワイヤーグリッド偏光シートを実現した。従来のワイヤーグリッド偏光素子は、偏光度が高い、透過率が高い、薄い、といった特長を兼ね備えているが、緻密に成膜された金属を用いているため反射率が高く、その用途は液晶プロジェクターなどに限られていた。開発した技術により従来のワイヤーグリッド偏光素子の特長を活かしつつ、反射率を低減できた。また、耐熱性、耐湿性、耐光性、耐スクラッチ性も備えているため、これまで応用が難しかった眼鏡業界、自動車業界などへの展開も期待できる。



図 1 開発した低反射率で高耐久性のワイヤーグリッド偏光シート

今回、耐久性の高い金属を用いたワイヤーグリッド偏光素子の低反射率化によって、低反射率で高耐久性の可視光用偏光シートを実現することとした。可視光用のワイヤーグリッド偏光素子には可視光の波長 (400 nm ~ 800 nm) よりも十分に細い幅のワイヤー構造が求められ、ワイヤー構造を細く、厚くすることでその偏光特性を高めることができ、これまでに実証してきた 80 nm よりも細い線幅のワイヤー構造が必要である。新たにナノインプリント技術・ぬれ制御技術・印刷技術をうまく融合させて、線幅 50 nm 以下、アスペクト比 10 以上の金属インクパターンが形成できる厚膜ナノ印刷技術を開発し、世界で初めて金属インクで可視光用ワイヤーグリッド偏光シートを実現した。

図 2 に開発したワイヤーグリッド偏光シートの作製方法を示す。まず、ストライプ形状の

凸構造を持つモールドを用いてナノインプリント技術により樹脂シートに溝を形成する。次に、ブレードを用いて溝部分だけに金属インクを充填する。最後にオーブンで焼成して、ワイヤーグリッド偏光シートを作製する。すでに 75 mm 角の偏光シートを形成する技術を確立しているが、より大きな面積のモールドを用いることでさらなる大面積化も可能である。

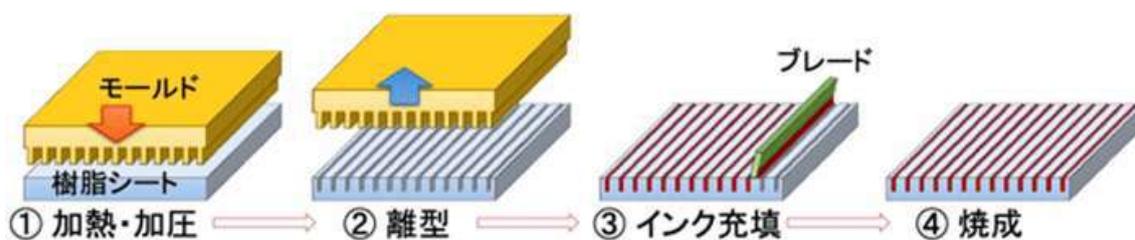


図2 低反射率で高耐久性のワイヤーグリッド偏光シートの作製方法

従来のワイヤーグリッド偏光素子は、真空成膜技術で緻密に堆積された金属膜を用いてワイヤーグリッド構造を形成しており、ワイヤーの向きに平行な偏光の入射光は鏡面で反射するように高い反射率で反射する。一方、開発した偏光シートは、銀ナノ粒子インクの低温焼成体によるワイヤーグリッド構造でその偏光機能を発現しているが、低反射率化のため、ワイヤーの表面と裏面に凹凸形状を形成し、さらにテーパ形状を付与してある（図3（上段）模式図、（下段）電子顕微鏡像（SEM）写真）。表面側の凹凸形状は、焼成条件の制御により形成される。裏面側の凹凸も同様に焼成条件を制御して形成できるが、モールドの断面電子線顕微鏡像（図3下段）から分かるように、モールド先端をテーパ形状にし、さらに凹凸形状を付加してあり、樹脂シートの溝の形状に反映される。今回、凹凸の形状をうまく制御することで、5%以下の反射率を実現できた。

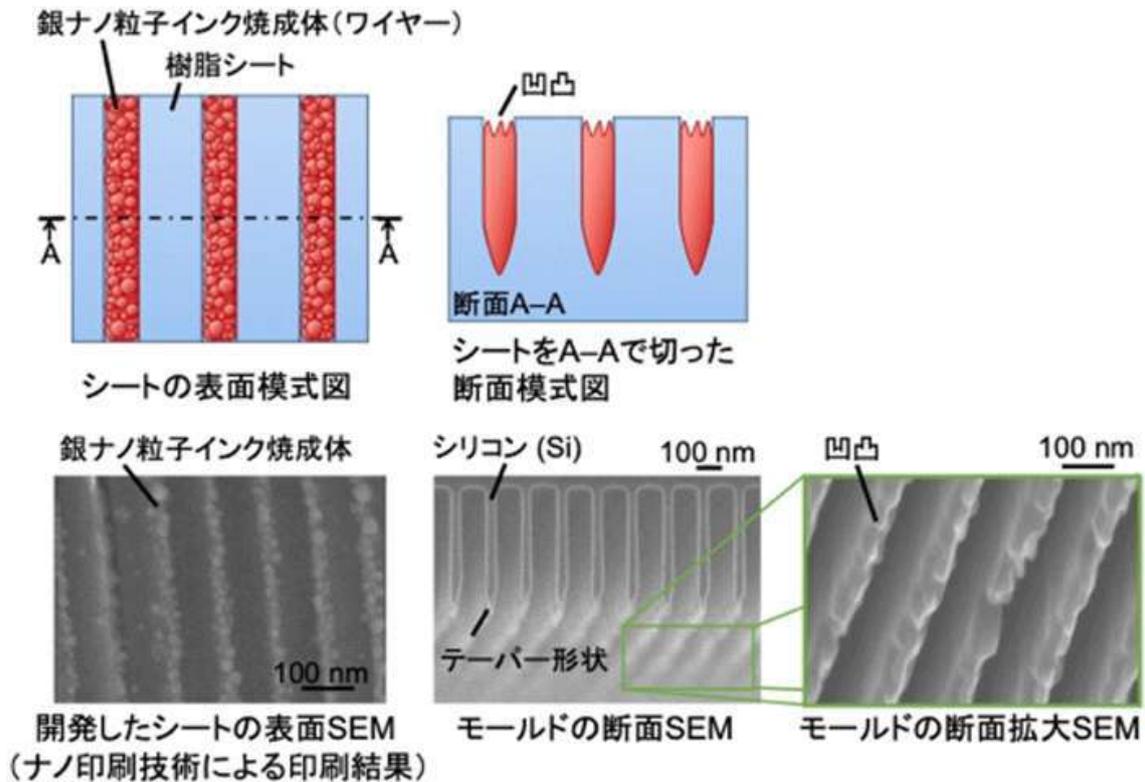


図3 ワイヤグリッド偏光シートおよび開発に用いたモールドの構造

開発した低反射率ワイヤグリッド偏光シートと、従来の二色性色素偏光シートやワイヤグリッド偏光シートの性能を比較したものを表1に示す。ここで、透過率と反射率は、それぞれ視感透過率と視感反射率である。開発した偏光シートの特性は、ワイヤグリッド構造、焼成条件により調整でき、例として2種の開発品（A、B）を示している。信頼性耐久試験の規格に即して、過酷な車載環境や高輝度光照射環境を想定した耐久試験を行った。開発品は、焼成工程で形成された金属焼成体により偏光素子機能が発現しており、またシート表面の深い溝に金属焼成体が埋め込まれているため、高温、高湿度、光に対して強く、試験前後で光学特性の変化はごくわずかであり、耐久性が高いと言える結果であった。

一方、二色性色素偏光シートは、色素を用いているため熱耐性が低く、厳しい条件では変色が見られた。また、従来のワイヤグリッド偏光シートでは、金属層自体は熱や光に強いが、金属層と基材を積層してあるため、厳しい条件ではカールや黒ずみが見られた。開発品の光学特性は、従来製品のワイヤグリッド偏光シートに比べて、偏光度、透過率は劣るが、反射率は1/10以下に低減できている。また、二色性色素偏光シートと比較すると、光学特性は既に同程度の値が得られており、耐久性の面で有利である。今後の光学特性の目標は偏光度99.9%以上、透過率40%以上、反射率5%以下であるが、現状の特性でも高

耐久性、耐スクラッチ性などの特長から、製品としての仕様を満足する用途もあると考えている。また、すでに光学特性向上の指針、反射率の制御指針は見出ししており、用途に応じた研究開発を進める準備ができている。

性能評価項目	開発品A (本技術)	開発品B (本技術)	市販のワイヤーグリッド 偏光シート	市販の二色性色素 偏光シート
反射率(%)	3.6	4.6	50.6	5.1
透過率(%)	13.6	34.5	45.3	18.5
偏光度(%)	99.0	93.1	99.9	99.9
高温高湿試験 1) (65 °C、90 %、24 h)	○	○	△ カール	△ 少し変色
高温高湿試験 2) (85 °C、85 %、1000 h)	○	○	× カール、黒ずみ	× 変色
耐熱性 3) (105 °C、1000 h)	○	○	○	△ 少し変色
高輝度光耐性 4) (スーパーキセノン 120 h)	○	○	○	○
紫外線耐性 5) (QUV 96 h)	○	○	○	○

※開発品A, Bは作製レシピにより調整可能

1), 4), 5) サングラス規格に準拠 2), 3), 4) 車載規格に準拠

表 1 開発品と従来製品の性能比較

(日文新聞发布全文

https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190701/pr20190701.html)

文：JST 客观日本编辑部翻译整理