

White Paper : 使用纳米压印光刻技术的制作的线栅偏振片

1. Executive Summary

纳米压印技术作为一种光刻技术一直备受关注，它可以在玻璃和树脂等多种基底材料的表面以低成本形成 10 纳米级的图案。

近年来，它已成为制造需要特别高环境耐受性的纳米光子学光学设备的一项基本技术，如移动设备、显示器、自动驾驶车辆、机器人、安全和增强现实 (AR)。这里讨论的线栅式偏振片是一种无机材料偏振片，由在透明衬底上形成的数 10 纳米的金属线和空间图案组成，其特征光学性能和应用如下。

2. Introduction

如 Fig.1a 所示，线栅偏振片作为透明体而工作，透过电磁波，对入射在平行金属线上的电磁波中的具有垂直于金属电线的电场的电磁波 (TM 波) 作为金属而工作采用了反射这个原理，波长很长的无线电波在 100 年前就已经广为人知了。对这样的电磁波的选择性极化传输是在金属线的间隔在电磁波波长的 1/2 以下，衍射的影响可以无视的条件下发生的现象，为了实现光同样的现象的偏振片，需要等待精细加工技术的出现。随着精细化技术的进展，实现了红外线和可见光的偏振片，现在，通过 Fig.1b 所示的纳米压印加工的 100nm 周期的 Al 图案实现了 300nm 紫外线下也能发挥作用的高性能的线栅偏振片。Fig.2 表示线栅偏振片的工序。在 Al 图案上使用纳米压印，形成具有数 10nm 的线和空间的树脂图案，将其作为掩模，通过干燥蚀刻加工 Al，制造线栅偏振片。

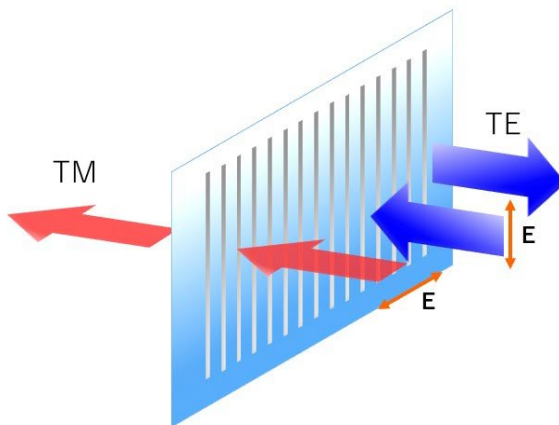


Fig.1 a Concept of wiregrid polarizer

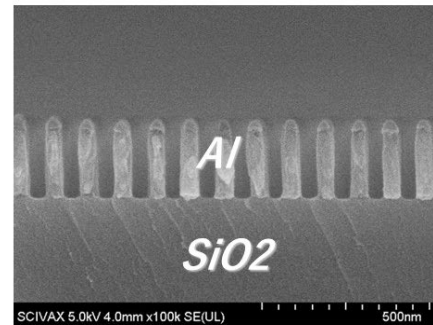


Fig.1 b Cross sectional SEM view of Al wire grid

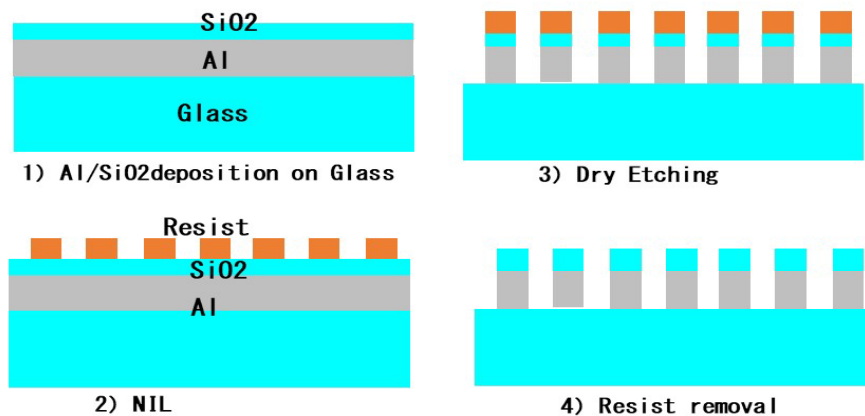


Fig. 2 Process flow

线栅偏振片有以下特点。

- (1) 它们可以在从紫外线到远红外线的广泛波长范围内发挥偏振片的作用。
 - (2) 偏振特性受入射角的影响较小，即使在光以大角度入射时也能保持其作为偏振片的功能。
 - (3) 由于是无机材料制成，它们具有很高的耐温耐湿环境性。
- 由于上述特点，它们被广泛用于不能使用树脂或棱镜型偏振片的场合。

如何应用线栅偏振片？

图 3 显示了一些应用。

- a) 由于线栅是一种具有高耐热性的反射型偏振片，它被用作投影仪、平视显示器和 AR 眼镜的偏振光束分流器。
- b) 用于光接收传感器的多方向偏振片 与光电二极管相结合的传感器也被认为是未来有前途的应用领域。偏振相机，即在相机的每个像素中放置不同方向的线栅偏振片，被用于工业相机，以测量主体的纹理或透明物体的应力分布，而光接收传感器，即在多个光电二极管中放置不同方向的线栅，被用于新的应用领域，如环境传感器、编码器和新的应用领域，如环境传感器、编码器和相干通信，正在开发之中。
- c) 用于紫外光的线栅偏振片也被用于排列树脂分子的过程中，通过将紫外区的强偏振光照射到底层树脂上，在制造液晶显示器时排列液晶分子。

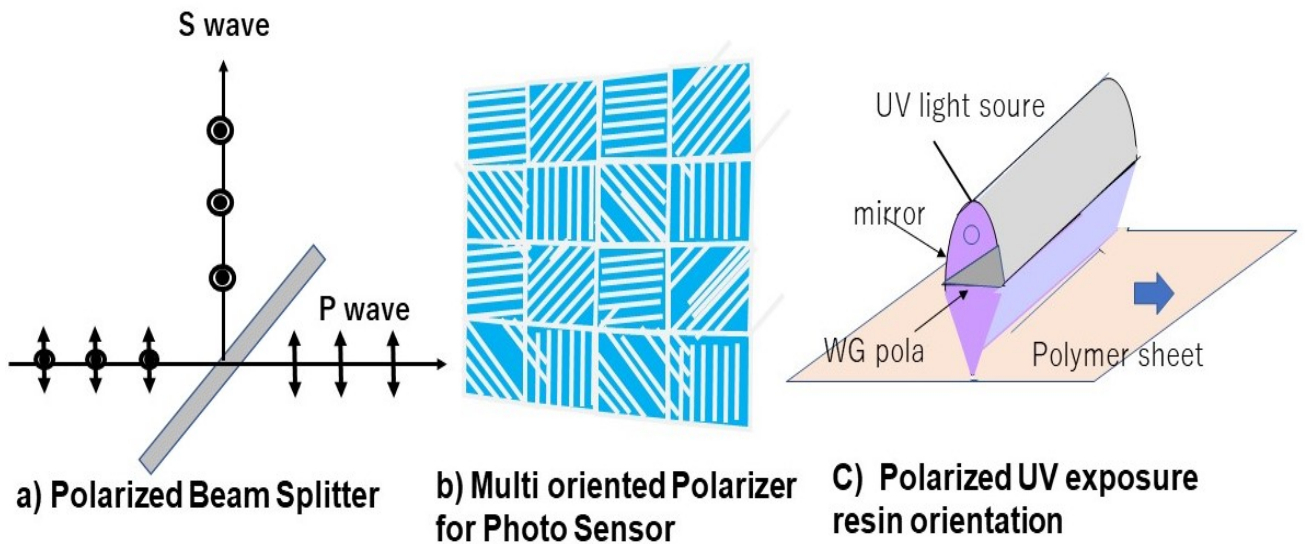


Fig.3 Application of Wire grid polarizer

3. Thesis Questions

线栅偏振片的应用范围很广，因此，对每种产品的光学性能和耐环境性有如下要求。

视角)：线栅偏振片在 0°和 90°方位角的大范围入射角下保持其特性，但对于 45°方位角的入射光，消光比明显下降，视角变窄，这可能是一个问题。

反射对比)：一些偏振分光器需要反射光的对比，以及透射光的偏振对比。局部和多角度形成：局部线栅或具有多个方向的线栅需要在器件晶圆上形成，以用于偏振照相机和光接收传感器。

表面保护)：在某些情况下，需要保护线栅的表面不被接触。

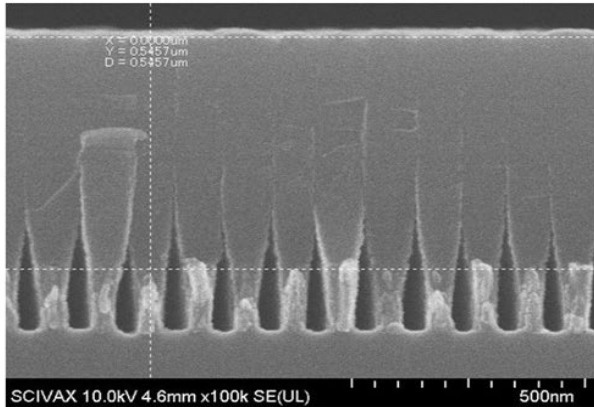


Fig. 5 SiO₂ Coated wire grid

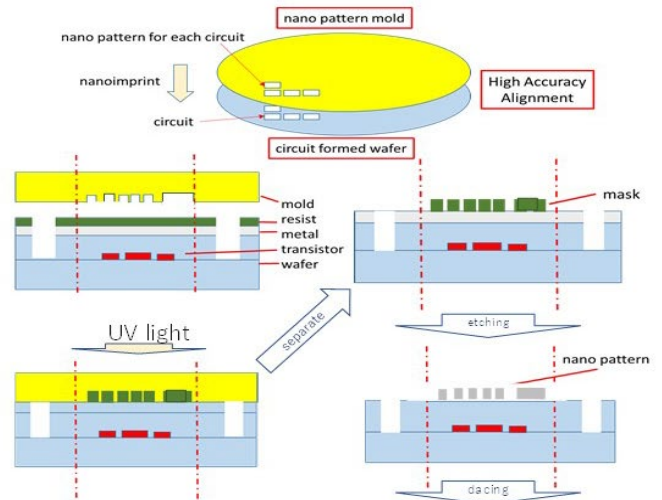


Fig.6 Wire-grid polarizers integrated into Si photosensors

4. Solutions

SCIVAX 提供三种具有标准光学性能的线栅偏振片（可见光传输、可见光分束器和宽波长范围）作为目录产品，同时也设计和制造高性能的定制产品，以满足客户产品的规格要求。

使用电磁模拟（RCWA）设计线栅的结构，以优化线栅的周期、宽度和高度，以达到所需的透光率、反射率和对比度。

图 4 显示了在大视角下对偏振轴移动的校正，以改善视角依赖性。在交叉尼科尔配置的漏光特性中，可以看出，与标准结构 (a) 相比，校正结构 (b) 的漏光没有增加，消光率也没有随着方位角的变化而下降。

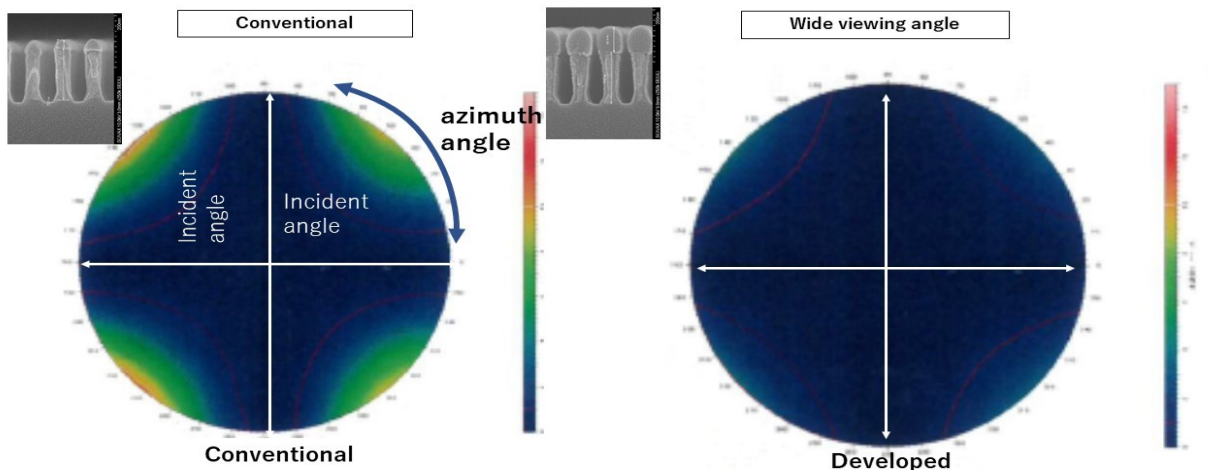


Fig. 4 Incident Angle Dependence of Wire Grid Leakage in Cross-Nicol Configuration

Fig.5 是为了改善机械强度而用 SiO₂ 膜覆盖线栅表面的例子。750g 加权铅笔硬度测试中得到了相当于 3H 的强度。

Fig.6 表示局部形成如光电二极管上 Fig.3b 所示的线栅偏振片的过程的例子。这样，通过在基础设备形成的硅晶圆上形成的技术，可以实现具有新功能的受光传感器。

5. Products Info

在 Table1 中显示 SCIVAX 的目录标准品的规格。如上所述，除了商品目录外，还可根据客户要求设计制造使用波长范围、透射率、反射率、消光比、入射角度、视角、局部形成、多角度等规格。

Table 1 Polarizer Specifications for Catalog Products

1: Performance Specification

	MRLS 1 Visible WGP	MRLS 2 Beam splitter WGP	MRLS 3 Wide wave length range WGP
Wave length range	420nm to 700nm	420nm to 700nm	300nm to 2500nm
Transmittance (Tp)	83%(450nm) 85%(550nm) 85%(650nm)	83%(450nm) 85%(550nm) 85%(650nm)	83%(450nm) 85%(550nm) 85%(650nm) 90%(2500nm)
Extinction ratio (Tp/Ts)	200:1 (450nm) 300:1 (550nm) 500:1 (650nm)	200:1 (450nm) 300:1 (550nm) 500:1 (650nm)	200:1 (450nm) 300:1 (550nm) 500:1 (650nm) 1000:1 (2500nm)
Reflectance (Rs)	-	75%	-
Extinction ratio (Rs/Rp)	-	30	-
Angle of Incidence	0 ± 20°	45 ± 15°	0 ± 20°

2. Substrate Characteristics

	MRLS 1 Visible WGP	MRLS 2 Beam splitter WGP	MRLS 3 Wide wave length range WGP
Substrate Type	Alkaline Free glass	Alkaline Free glass	Fused Silica
Thickness	0.725mm	0.725mm	0.725mm
Index of Refraction	480nm 1.5160 643.8nm 1.5078	480nm 1.5160 643.8nm 1.5078	486.1nm 1.4633 656.3nm 1.4565
Thermal Expansion	31.7E-7 /°C (0-300°C)	31.7E-7 /°C (0-300°C)	5.5E-7 /°C (0-300°C)

3: Others

Edge Exclusion	2mm (25mm□)	2mm(25mm□)	2mm (25mm□)
TA Tolerance	± 1°	± 1°	± 1°
Coating	Back side AR	Back side AR	-

6. Conclusion

如上所述，通过 Nanoimprint 技术制造的线栅偏振片被广泛的产品所采用，被认为是今后进一步扩大应用市场的光学部件，在 SCIVAX 中，根据自己开发的最佳装置、材料、过程进行设计、开发、提供批量生产的 Foundry Service 服务。