

光スピンホール効果を利用したエリプソメータ とその応用

Ellipsometry by the spin Hall effect of light and its application

○ 水谷 康弘、藤田 寛之、高谷 裕浩 (阪大院工)

○ Yasuhiro Mizutani, Hiroyuki Fujita, Yasuhiro Takaya (Osaka university)

E-mail: mizutani@mech.eng.osaka-u.ac.jp

近年の機械計測分野では、機械加工精度の向上が目覚ましくより高精度な計測技術が求められている。なかでも表面粗さ計測の精度向上は、サブナノオーダーの加工精度が要求される研磨技術にとって必要不可欠とされている。我々のグループでは、光のスピンホール効果 (SHEL: spin Hall effect of light) を用いたエリプソメトリを表面粗さ計測へ適用することを考えている。図1に示すとおり、SHELとは、光が試料表面上で反射する際に、光子の軌道角運動量とスピン角運動量の相互作用が生じ、光線が境界面で空間的にシフトする現象である [1]。光線シフト量が偏光状態の変化に依存するため、シフト量を計測することにより偏光計測が可能である。ただし、SHELのシフト量は回折限界に比べて微小であるため、微小量を拡大する弱測定という手法を用いてシフト量を検出する [2, 3]。図2に示すとおり、弱測定光学系を用いると左右円偏光が分離した状態で計測できる。また、分離される状態は検光子の設置角度に依存し、偏光子と透過軸が直交状態に近づくほど分離する量は大きくなる。

研磨で要求される表面粗さは光の波長に対して極めて小さいため有効媒質理論により表面を均質薄膜に近似して計測する。あらかじめAFMで表面粗さを定量化したオプティカルフラットの表面を計測したところ、図3に示すとおり、Raで0.36nmの違いを検出することができた。ここで得られるシフト量は、ブリュースター角で点対称的なシフト量の変化を示しており、ブリュースター角に近づくほど大きなシフト量が得られる。また、表面粗さが大きくなる、すなわち、近似薄膜の膜厚が厚くなるほどシフト量が大きくなる。定量性や不確かさについての検討課題は残っているものの、簡便で高精度なエリプソメトリとしての可能性を見出せたので紹介する。

[1] M. Onoda, et al.: Hall effect of light, Phys. Rev. Lett., **93**, (2004) 083901-1.

[2] Y. Aharonov, et al.: How the result of a measurement of a component of the spin of a spin $-\frac{1}{2}$ particle can turn out to be 100, Phys. Rev. Lett., **60** (1991) 1351.

[3] O. Hosten and P. Kiat: Observation of the Spin Hall Effect of light via weak measurement, Science, **319**, (2008) 787.

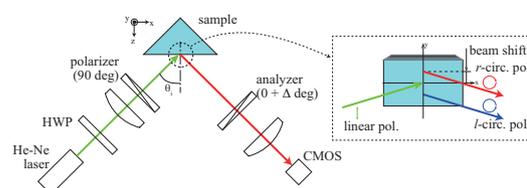


Fig. 1 The spin Hall effect of light and its detection setup by using a weak value measurement.

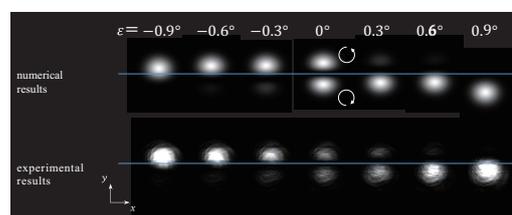


Fig. 2 Numerical and experimental results of observable picture for the spin Hall effect of light at the CMOS detector.

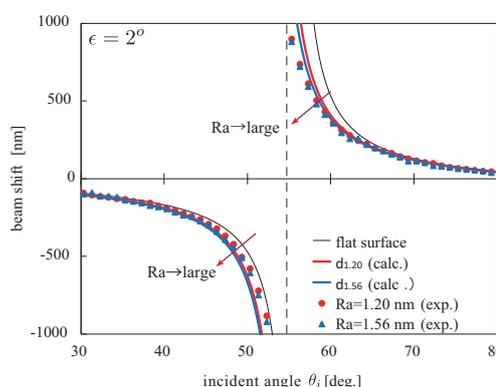


Fig. 3 Experimental results of surface roughness of an optical flat.