

# シリコン表面の局所的な応力場におけるサーモリフレクタンス信号の位相分布

神戸市立工業高等専門学校 三宅修吾

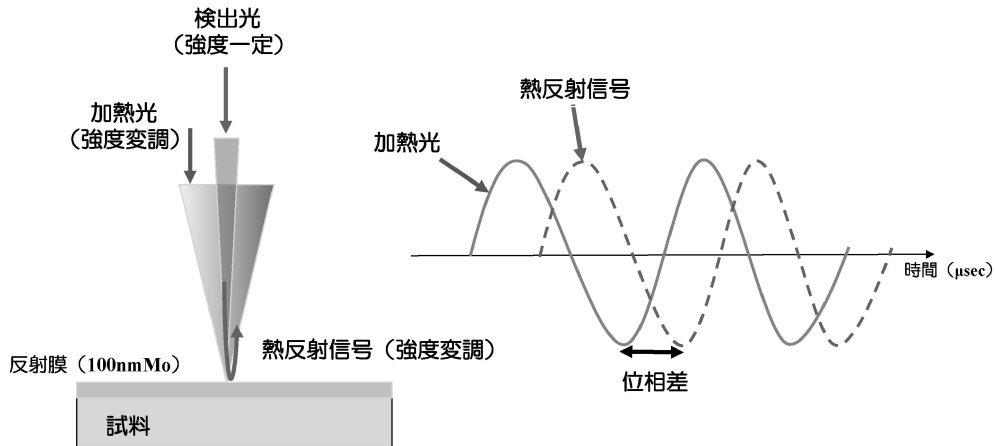


Fig. 1 サーモリフレクタンスの原理と位相信号.

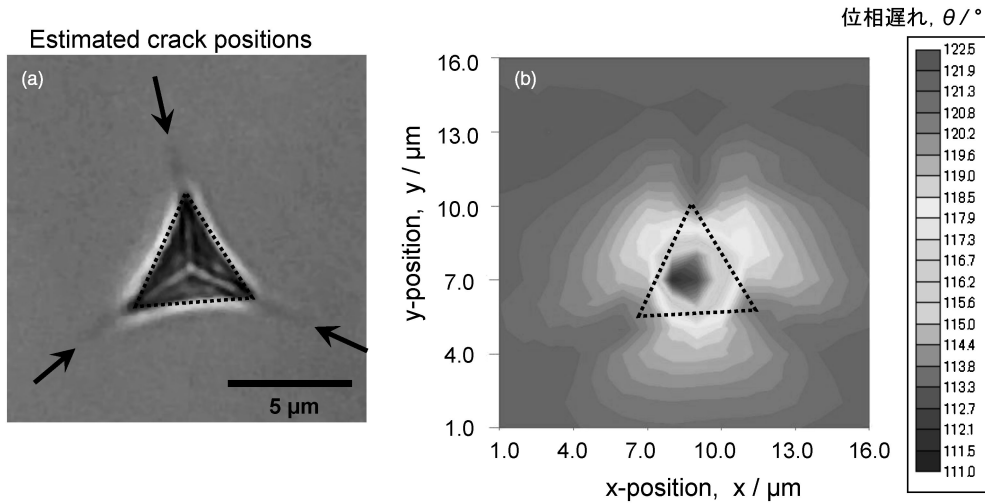


Fig. 2 ナノインデンテーションにより付与された単結晶シリコン表面の塑性変形(a)と顕微サーモリフレクタンス信号の位相分布(b).

サーモリフレクタンス(TR)法とは Fig. 1 に示す様に、強度変調した加熱光と一定強度の検出光を測定部に照射した際に生じる、反射された検出光信号(サーモリフレクタンス信号)の位相解析を行う事で、薄膜材料やマイクロスケールに迫る局所的な熱物性が評価できる手法である<sup>(1)(2)</sup>。光検出器とロックインアンプで解析される TR 信号の位相は、主に加熱光の熱拡散長程度の測定部近傍と表面直下の熱伝播特性に支配される。すなわち材料表面に施された加工や変形により格子ひずみや結晶性の乱れが生じた場合、TR 信号の位相は無ひずみの状態と比べて相対的に変化する。この原理を基に単結晶シリコン表面にナノインデンテーションで1辺が5 μm 程度の微小な塑性変形を与えた試料を用意し、圧痕周辺の TR 信号の位相分布を測定した<sup>(3)</sup>。

Fig. 2(a)に TR 信号計測用に施した厚さ100 nm の Mo 膜を介して圧痕表面を光学顕微鏡で撮影した写真を示す。Mo 膜の影響でコントラストは弱いですが、圧痕頂点から放射状にクラックが発生している事がわかる。Fig. 2(b)には同一領域

における TR 信号の位相分布を示す。圧痕頂点付近と圧痕各辺に垂直な方向において、位相分布の大きな違いが認められる。この TR 信号の位相分布は顕微ラマン分光法によるラマンシフトの分布と傾向が一致していた事から、応力場の情報を反映していると考えられる。本法は表面に反射膜を施す事で金属材料以外にも高分子やセラミックス材料まで幅広く適用できるだけでなく、加熱周波数を走査することで情報領域も制御できる事から、今後は様々な材料への展開が期待される。

## 文 献

- (1) S. Miyake, T. Kita, A. Miyake, K. Ikeda, and H. Takamatsu: Rev. Sci. Instrum., **80**(2009), 124901.
- (2) 三宅修吾, 三宅 綾, 池田健一, 高松弘行, 喜多 隆: 日本金属学会誌, **73**(2006), 434-438.
- (3) S. Miyake, T. Kato, H. Taguchi and T. Namazu: Jpn. J. Appl. Phys., **55**(2016), 06GP08.

(2018年8月10日受理)[doi:10.2320/materia.57.596]

Phase Distribution of Thermoreflectance Signal Around Local Stress on Silicon Surface; Shugo Miyake  
 Keywords: frequency-domain thermoreflectance method, single crystal silicon, local stress  
 Specimen preparation: DC sputtering (Mo target) TR measurement: TM3 (Bethel Co., Ltd.)