

非平衡電子を用いた金薄膜間の接触の測定

Measurement of mechanical contacts between two gold thin films

with nonequilibrium electrons

北大工¹, ボルドー第1大(フランス)², メーヌ大(フランス)³

○友田 基信¹, Thomas Dehoux², 岩崎 洋平¹, 松田理¹, Oliver B. Wright¹, Vitalyi Gusev³

Hokkaido Univ.¹, Univ. Bordeaux 1, France², Univ. Maine, France³

○M. Tomoda¹, T. Dehoux², Y. Iwasaki¹, O. Matsuda¹, O. B. Wright¹, V. Gusev³

E-mail: mtomoda@eng.hokudai.ac.jp

固体同士が接触する際には表面のナノスケールの凹凸があるため、実際に接触しているのは見かけの一部である。例えば摩擦力が垂直荷重に比例するのは、弾性・塑性変形により荷重に実接触面積が比例し、実接触面積に摩擦力が比例するためである。荷重中に接触領域を測定する方法の一つに、ナノメートル波長の超音波の反射を測定する方法が提案されている¹。しかし、超音波の反射率と実接触面積を定量的に関係づけるのは困難であった。

今回我々は、非平衡電子の拡散を利用して金属間の接触を調べる新たな方法を提案する。超短光パルスで励起された金属内の電子は、格子系と熱平衡になる間に空間的にも拡散する。この非平衡電子による温度変化を、光反射率変化として測定する。接触部分付近で電子を励起すると、接触部を通して非平衡電子が反対側の金属にも拡散されるので、電子の最大温度上昇が小さくなる。この超短時間の電子ダイナミクスを1次元拡散方程式で記述し、接触／非接触の最大温度上昇比と界面での電子拡散の有効反射係数（見かけの接触面積と実接触面積の比に関係する）との関係を求めた。実験では、厚み 1 mm のサファイア基板と半径 1 mm のサファイアボールの表面にそれぞれ厚み 40 nm の金薄膜を蒸着したものを試料として用いた。サファイア基板と金薄膜の界面部分に、フェムト秒幅のポンプ光（波長 830 nm）とプローブ光（波長 415 nm）を基板を通して照射し、両方の光スポット（径 1 μm ）を重ねたまま2次元空間走査を組み合わせたポンプ・プローブ法で光反射率変化を測定した。荷重は 0~1 N の範囲（圧力に換算すると、0~1.8 GPa）で測定し、接触している部分では接触していない部分に比べて反射率変化量が最大で約 60% になることを確認した。この値は荷重による塑性変形で実接触面積が見かけの接触面積に一致した場合の理論モデルの計算値に一致した。

1. D. Thomas, O. B. Wright, R. Li Voti, V. E. Gusev, Phys. Rev. B **80**, 235409 (2009)

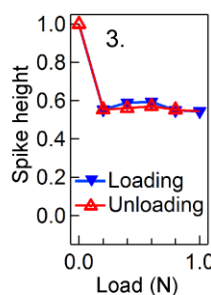
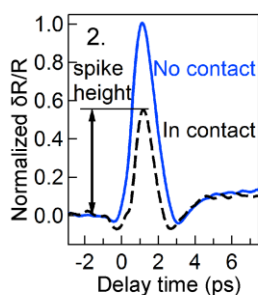
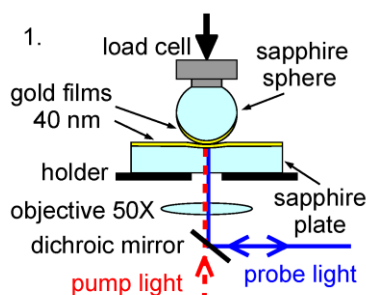


Fig. 1. Experiment setup.

Fig. 2. Relative reflectivity variation at load 1 N (In contact) and 0 N (No contact) against delay time.

Fig. 3. Normalized spike height plotted against load for loading and subsequent unloading.