

4. 計装化押込み硬さ試験による材料特性評価理論（その2）

“An improved technique for determining hardness and elastic modulus using load and displacement sensing indentation experiments”, W. C. Oliver and G. M. Pharr, *J. Mater. Res.*, 7(6), 1992, 1564-1583

4.1 要約



.

.

.

.

4.2 実験

①材料

表 4.1 試験片材料

Material	Description
Aluminum	99.995% pure single crystal mechanically polished with colloidal silica
Tungsten	99.95% pure single crystal mechanically polished with colloidal silica
Soda-lime glass	Commercial microscope slide
Fused silica	Optically flat substrate material
Quartz	(001) single crystal; optically flat
Sapphire	99.995% Al ₂ O ₃ ; (001) single crystal mechanically polished to optical flatness

② 試験手順

- ・圧子:
- ・圧子駆動および懸架:
- ・変位分解能:
- ・荷重分解能:
- ・押し込み中での微小振幅付加機能:
- ・負荷—除荷速度:
- ・繰り返し負荷:
- ・荷重保持区間:

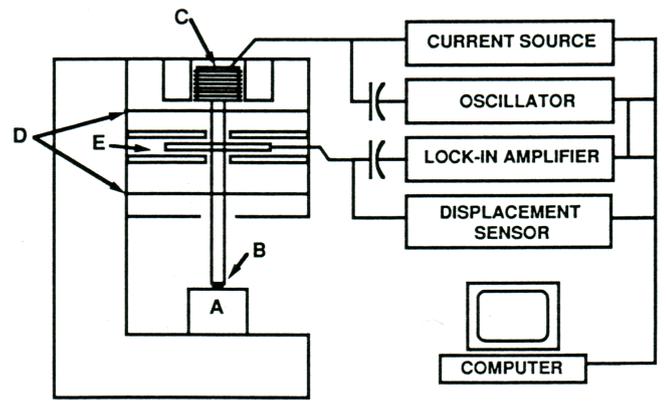


図 4.1 装置の模式図

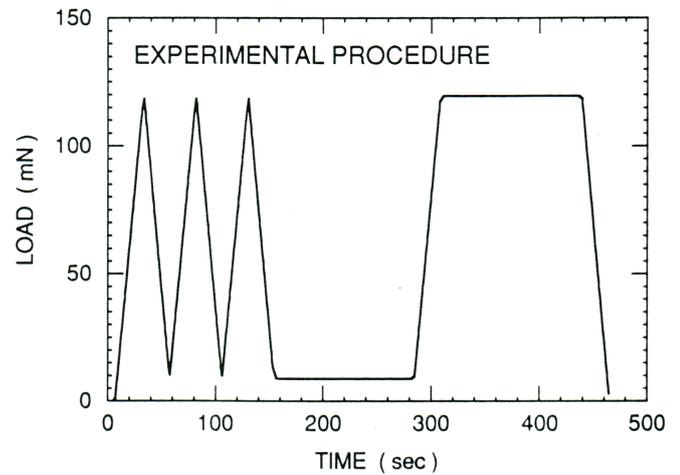
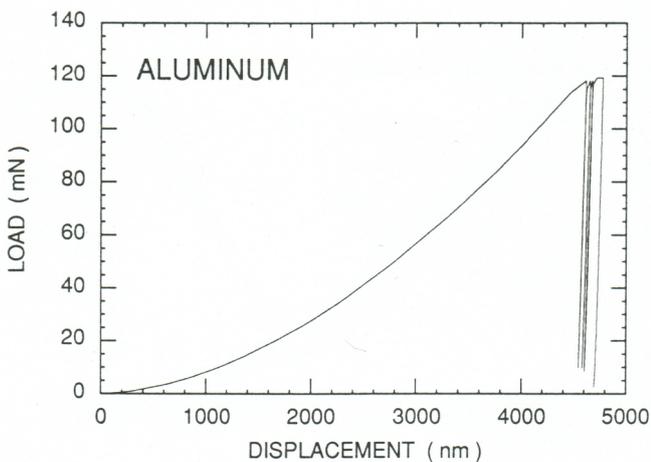


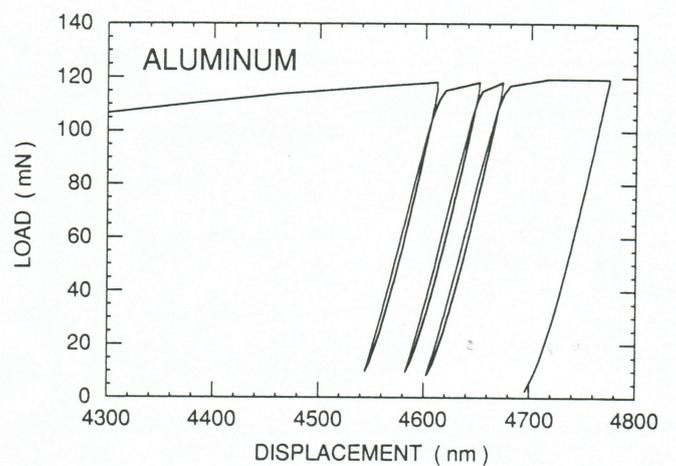
図 4.2 押し込み試験のプロセス

4.3 実験結果

① 荷重—変位曲線の特徴付け

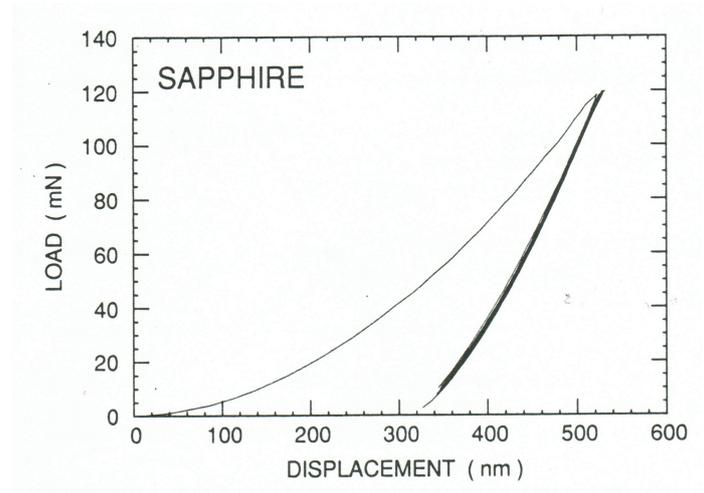


(a) アルミニウム



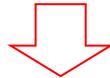
(b) アルミニウム(拡大)

図 4.3 代表的な押し込み線図

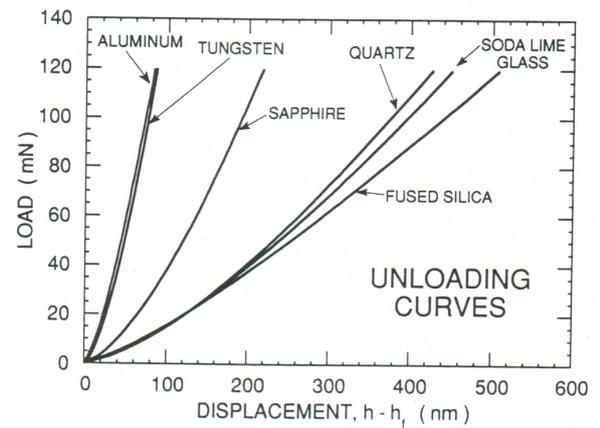


(c) サファイア

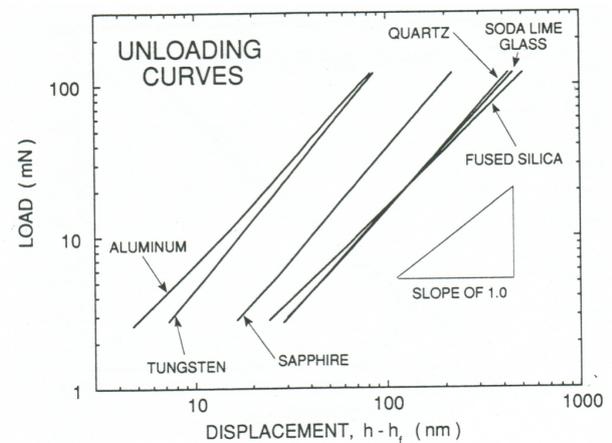
図 4.3 代表的な押し込み線図(続き)



②除荷曲線の形状



(a) 線形プロット



(b) 対数プロット

図 4.4 除荷曲線形状の解析

表 4.2 除荷曲線の形状指数

Material	A (mN/nm ^m)	m	Correlation coefficient
Aluminum	0.265	1.38	0.999938
Quartz	0.0215	1.43	0.999985
Soda-lime glass	0.0279	1.37	0.999997
Sapphire	0.0435	1.47	0.999998
Fused silica	0.0500	1.25	0.999997
Tungsten	0.141	1.51	0.999986

③接触剛性の連続計測手法について

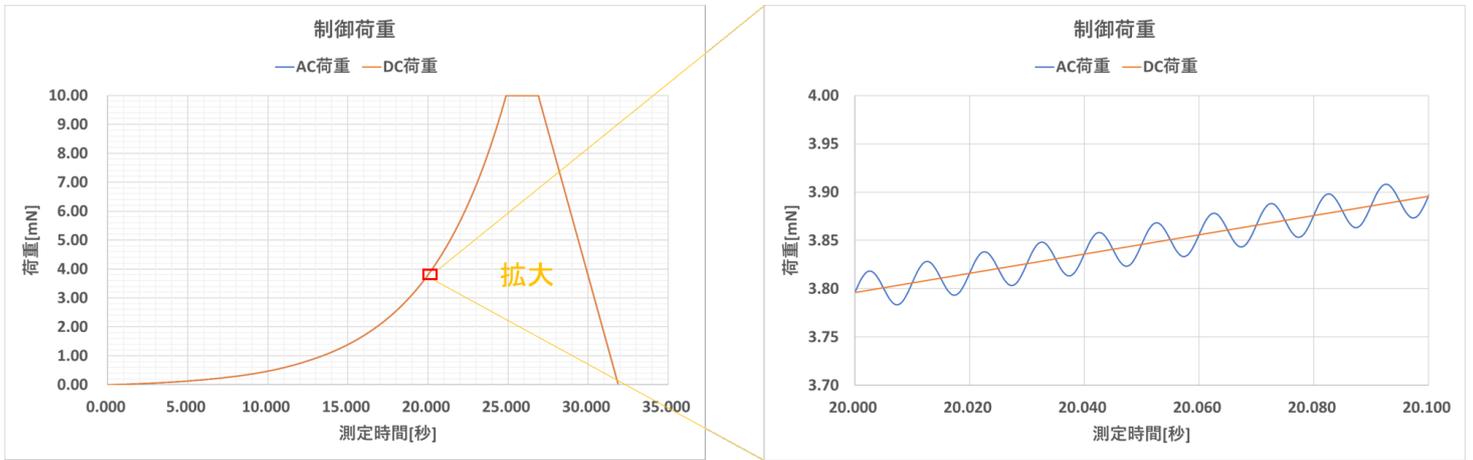
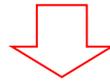


図 4.5 連続剛性計測(CSM)法の原理

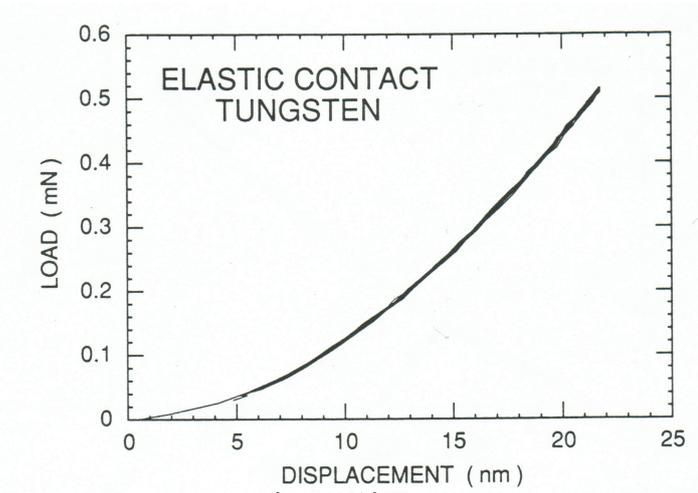
▪

▪

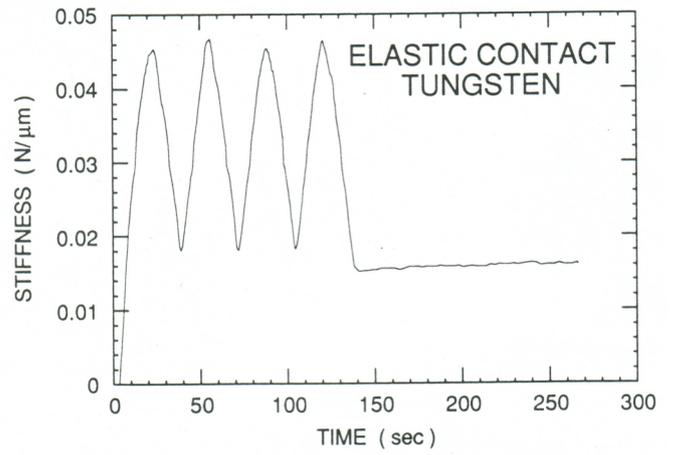


●振幅と位相から微小振幅毎の接触剛性が計測可能



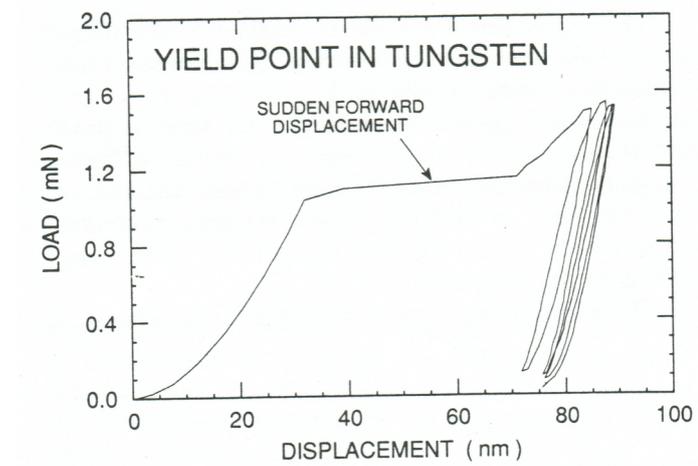


(a) 押し込み線図

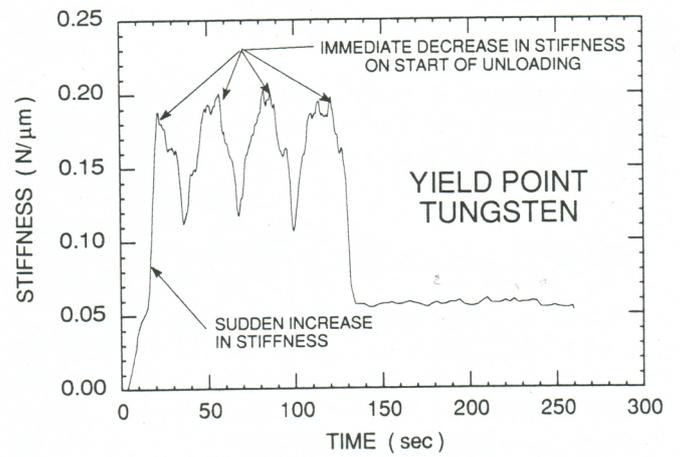


(b) 連続剛性計測

図 4.6 電解研磨済み単結晶タングステン試験結果(弾性変形領域)



(a) 押し込み線図



(b) 連続剛性計測

図 4.7 電解研磨済み単結晶タングステン試験結果(塑性変形領域)

