

507 表面波速度測定結果に及ぼす表面性状の影響 —超音波顕微鏡による残留応力測定に関する研究—

姫路工大 大学院

○大坪健二

姫路工大 工学部

瀬尾健二, 日下正広, 木村真晃

Effect of Surface Roughness on Results of Measurements of Surface Wave Velocity
—Study on the Method for Measurement of Residual Stress
by Scanning Acoustic Microscope—

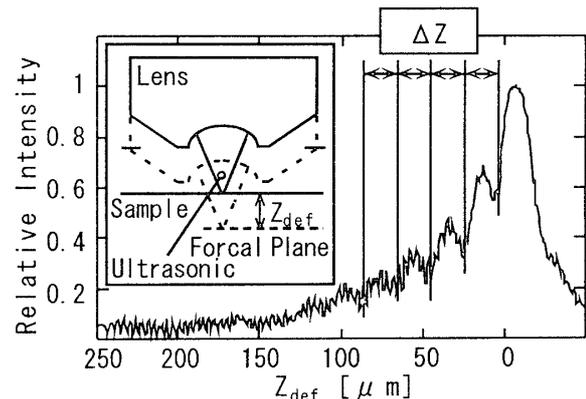
by Kenji Ohtsubo, Kenji Seo, Masahiro Kusaka and Masaaki Kimura

1. 緒言

超音波顕微鏡によって測定される表面波速度から局所的な残留応力を評価する方法が検討されている。その際、超音波顕微鏡で測定される表面波速度は、試料表面の微小領域を伝播するため、伝播領域における表面性状の影響を受ける可能性がある。そのため、得られた値をそのまま残留応力評価に用いるには問題がある。そこで本研究では、表面波速度に表面粗さがどのように影響を及ぼすのか実験的に検討を行った。このとき、音響異方性により、測定された表面波速度と表面粗さの関係が測定方向に依存してどのように変化するかについても検討を行った。そして、表面波速度を用いて残留応力を評価するための指針を提案した。

2. 表面波速度測定原理

超音波顕微鏡から材料表面に照射された超音波は音響レンズから焦点面までの距離 Z_{def} を変化させることで周期 Δz をもつ強度信号となる。横軸に Z_{def} 、縦軸に強度をとったものを $V(z)$ 曲線と呼び、Fig. 1にその一例を示す。 $V(z)$ 曲線は材料表面の微小な領域の範囲で測定される。表面波速度 C_R は、 $V(z)$ 曲線の周期成分 Δz を式(1)に代入することにより算出できる。ただし、式中の C_W は水中超音波速度、 f は測定周波数である。

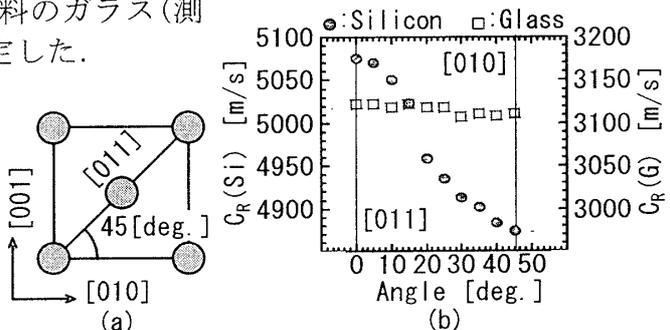
Fig. 1 $V(z)$ curve

$$C_R = \frac{C_W}{\sqrt{1 - (1 - C_W/2\Delta z f)^2}} \dots (1)$$

3. 実験方法

まず、音響異方性について検討するため、表面波速度 C_R が測定される(100)面単結晶シリコン(測定周波数:400MHz)(Fig. 2(a))を試料として用いた。そして、表面性状がなめらかな表面において、 C_R の測定を[011]方向(0度)から[010]方向(45度)まで5度間隔で行った。また、比較のため、等方性材料のガラス(測定周波数:200MHz)についても C_R を測定した。

次に、表面粗さの影響を調べるため、Fig. 3(a)に示すように、[010]方向と[011]方向に対して垂直方向に番数の異なる研磨紙で研磨加工を行った。表面波の伝播領域はきわめて微小なため、本研究では、表面粗さ R を以下の方法で測定した。まず、Fig. 3(b)に、 C_R 測定

Fig. 2 Relation between C_R and Measuring angle

領域における断面曲線の例を示す. この断面曲線から表面波の伝播領域分(約 $180\mu\text{m}$)を取り出し, その範囲内での最大高さ R_y を測定した. 表面粗さ R は, 断面曲線内の任意の位置における10個所の R_y の平均値として求めた. なお, R および C_R は研磨方向に対して垂直方向で測定した.

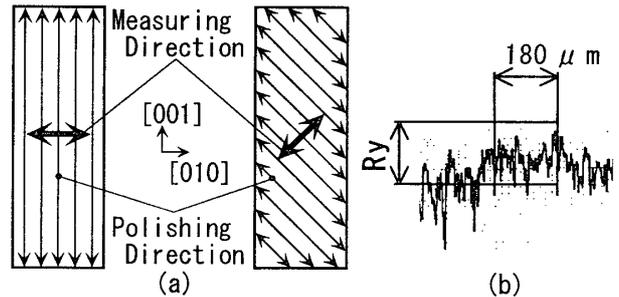


Fig. 3 Measuring Direction and Profile Curve

4. 実験結果および考察

Fig. 2(b)に, 測定方向と表面波速度 C_R の関係を示す. 図中の●はシリコン, □はガラスの測定値である. ガラスの場合, C_R は測定方向に依存せず一定であることが分かる. 一方, シリコンは, [011]方向(0度方向)で最大値, [010]方向(45度方向)で最小値をとり, その速度は最大 200m/s 異なることが分かる.

Fig. 4に, (100)面における[010]方向および[011]方向のシリコンの表面粗さ R と表面波速度 C_R の関係を示す. プロットは測定値の平均で, 縦横の線は値のばらつきである. この図より, R の増加に伴ない C_R が直線的に減少する傾向が認められた. また, 測定方向の違いで C_R の絶対値が大きく異なっているが, これは, 前述のシリコンの異方性によるものである.

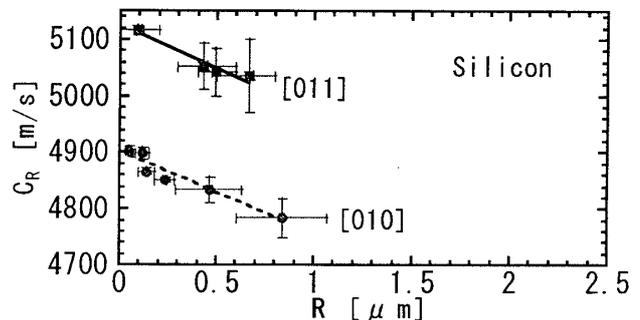


Fig. 4 Relation between C_R and R

Fig. 5に, 表面粗さ R と表面波速度 C_R の速度減少量 δC_R ($\delta C_R = C_{R0} - C_R$, C_{R0} : $R=0$ での C_R)の関係を示す. ここでは, ガラスと等方性材料の亚克力(測定周波数: 200MHz)についても検討を行った. 図より, すべての試料において, R の増加に伴い δC_R が直線的に増加することが明らかとなった. しかし, 各試料における速度減少率($\delta C_R/R$)が大きく異なっていることが分かる. これは, 材質の違い, 測定周波数の違いなどが原因として考えられる. 今後, 測定周波数を考慮し, 異なる材料を用いて詳細に検討を行う予定である. また, Fig. 5より, シリコンにおいて, 速度減少率が測定方向に依存せず一定であることが明らかとなった.

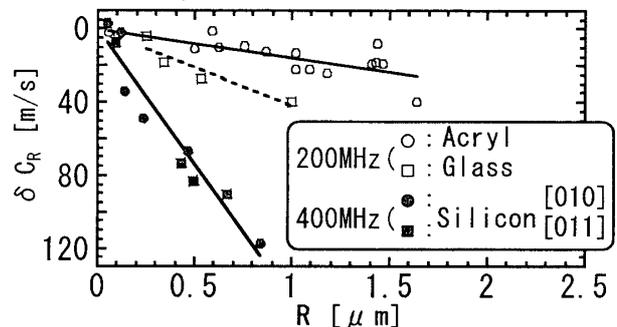


Fig. 5 Relation between δC_R and R

5. 表面波速度を用いた残留応力評価への指針

表面波速度を残留応力評価に適用するためには, まず, 残留応力評価したい領域で表面粗さ R を測定し, Fig. 5のような表面粗さ R と速度減少量 δC_R の関係から, $R=0$ の表面波速度を求めておく必要がある. そして従来より検討が行われている応力と表面波速度の関係を適用することにより, 表面波速度から残留応力を評価することが可能と考えられる.

6. 結 言

表面波速度に及ぼす表面性状の影響について詳細に検討を行い, 表面波速度を用いて残留応力を評価するための指針を提案した.