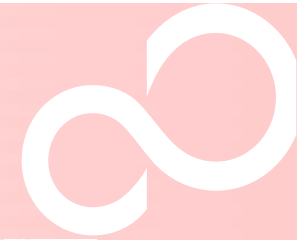
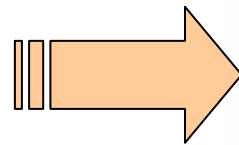


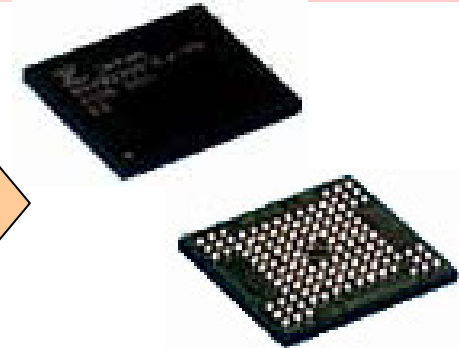
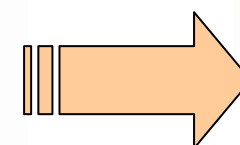
【LSIパッケージとは】



Dual In-line Package
(DIP)



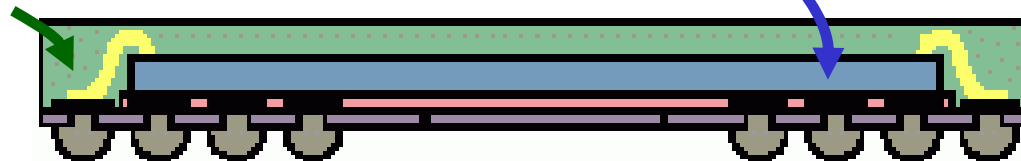
Small Outline Package
(SOP)



Ball Grid Array
(BGA)

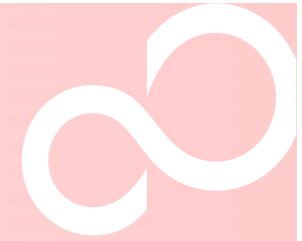
モールド樹脂

LSIチップ



Si基板の上にトランジスタ・ダイオード・抵抗・コンデンサ・などの素子が集積されたLSIチップはモールド樹脂で封止されている

【歪・応力の評価法】



歪ゲージ



【原理】試料に接着し、変形による電気抵抗の変化を測定し、ひずみ量に換算

【長所】高感度な歪測定 ($\sim 1 \times 10^{-6}$) が可能

【短所】表面の歪のみで、内部の歪は評価できない
ゲージのサイズが数mm□と大きい

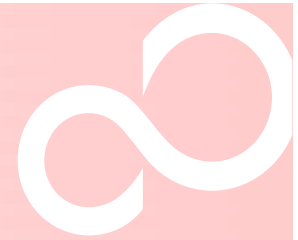
ラマン散乱

【原理】ラマンピークのシフト量(格子振動の振動数の変化量)が歪の大きさに比例することを利用。

【長所】 $1 \mu\text{m}$ 程度の微小領域の応力評価が可能

【短所】表面から数十nm程度までの評価しかできない

【応力分布・そりの評価法】



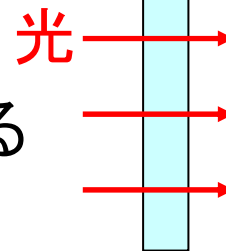
光弾性法

【原理】試料に光を入射し、複屈折現象により発生した縞模様を解析することでひずみ量を算出

【長所】応力分布を一度に測定できる

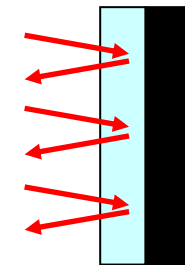
【短所】光学的に透明な試料にしか適用できない

【透過】



試料

【反射】



シート試料

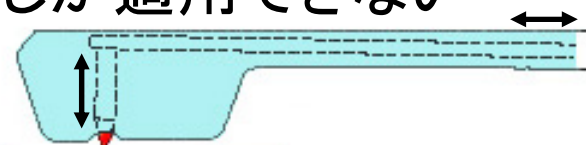


表面粗さ計

【原理】表面に針をあて、その針が表面の形状に沿って上下する動きを記録。光を使う非接触型もある。

【長所】試料の凹凸や反りを簡単に測定できる

【短所】表面のみで、内部の凹凸や反りは評価できない



FUJITSU

【モールド樹脂によるX線吸収の影響】

$$I / I_0 = \exp(-\mu_M \rho t)$$

I_0 : 入射X線強度、 I : モールド樹脂通過後のX線強度、 ρ : モールド樹脂の密度、
 μ_M : 質量吸収係数、 t : X線がモールド樹脂中を通過する距離

$$\mu_M = \sum \mu_{M_i} w_i = C\lambda^3 - D\lambda^4$$

μ_{M_i} : 成分元素iの質量吸収係数、
 w_i : 成分元素iの重量分率、
 λ : X線の波長、 C, D : 係数

t=5mmの場合

	波長 λ (Å)	エネルギーE(keV)	I/I_0
実験室系X線 (波長固定)	1.54	8.1	$\sim 10^{-18}$
放射光X線 (波長可変)	1	12.4	$\sim 10^{-5}$
	0.5	24.8	$\sim 10^{-1}$

←測定不可

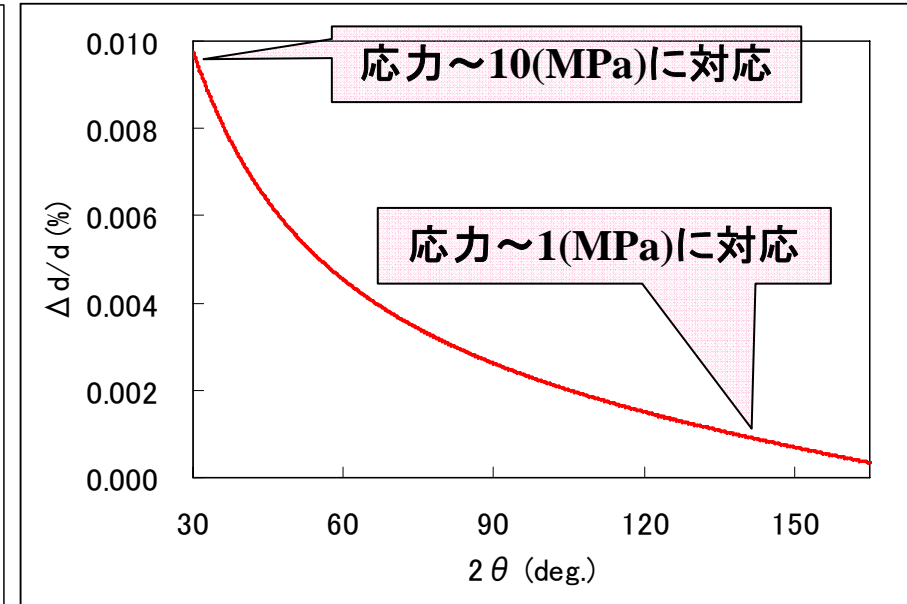
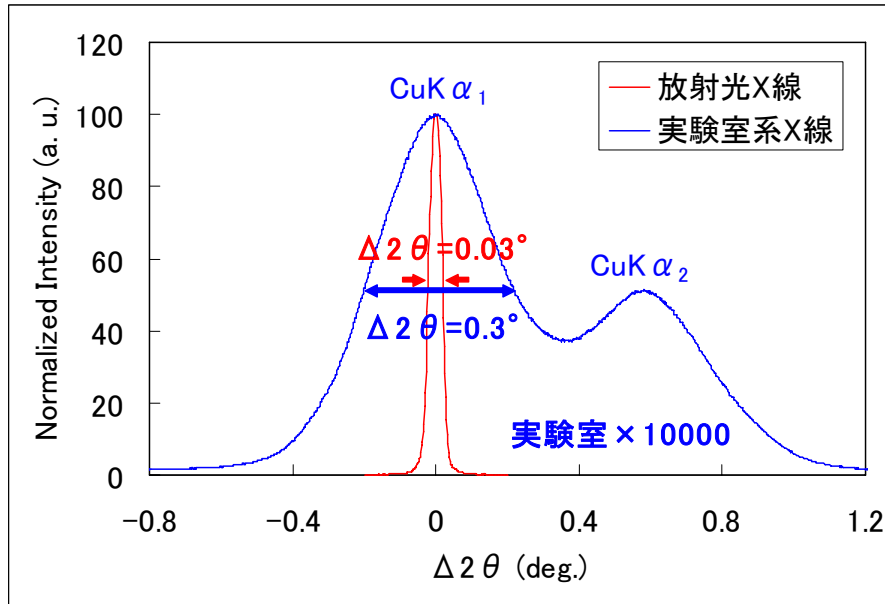
←測定可

高エネルギーX線が有利

FUJITSU

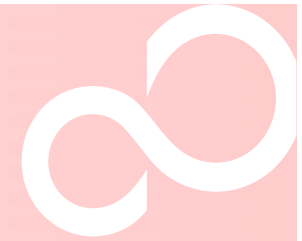
THE POSSIBILITIES ARE INFINITE

【LSIチップの応力測定の分解能】

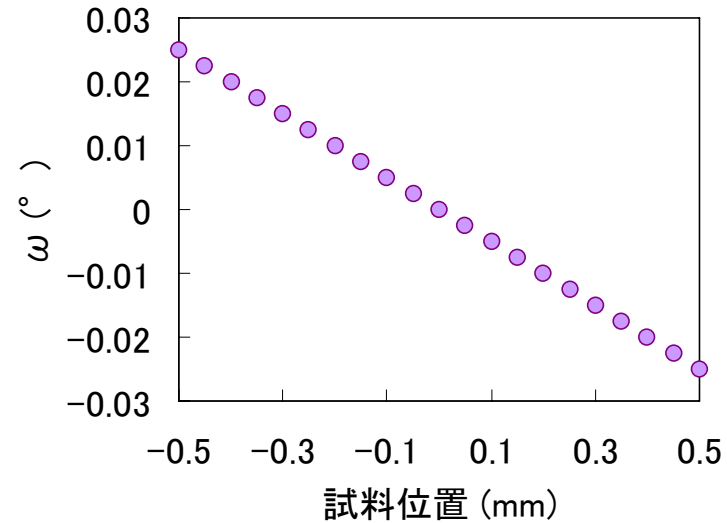
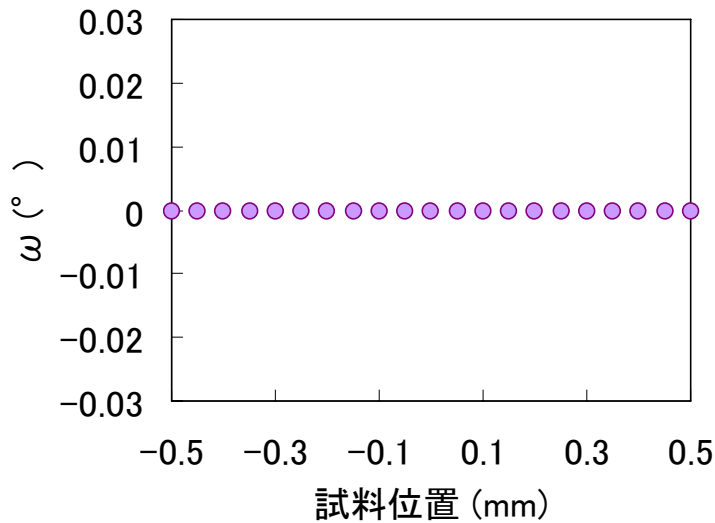


放射光利用
高角度の回折ピーク } で分解能向上

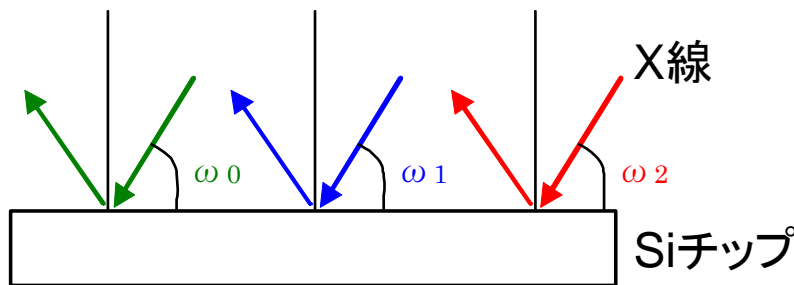
【LSIチップのそり評価法】



【角度分布】

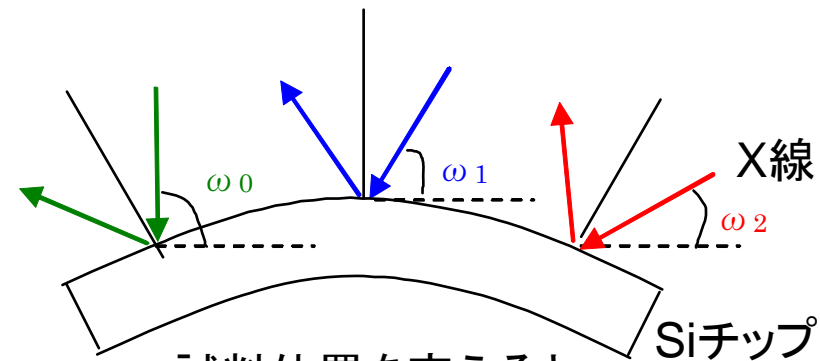


【試料形状】



試料位置を変えても
角度ωは同じ

$$\omega_0 = \omega_1 = \omega_2$$

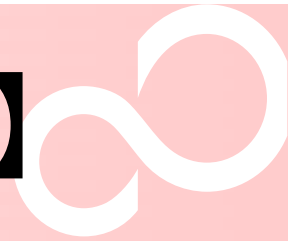


試料位置を変えると
角度ωは変わる

$$\omega_0 > \omega_1 > \omega_2$$



【その測定例(1次元分布)】



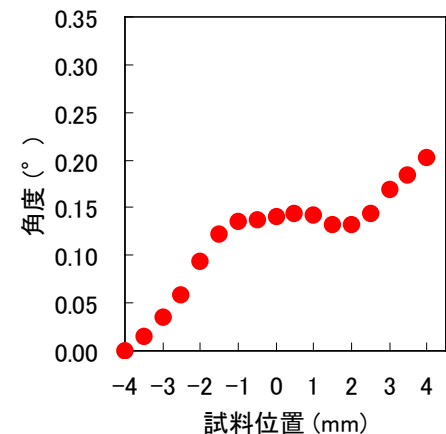
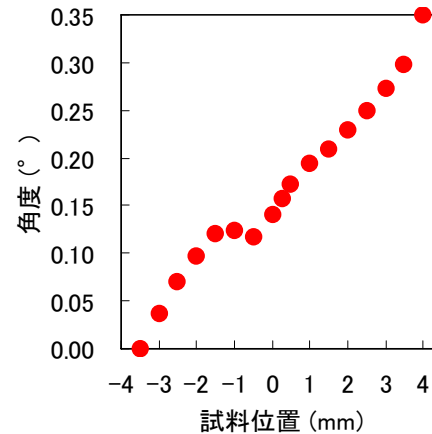
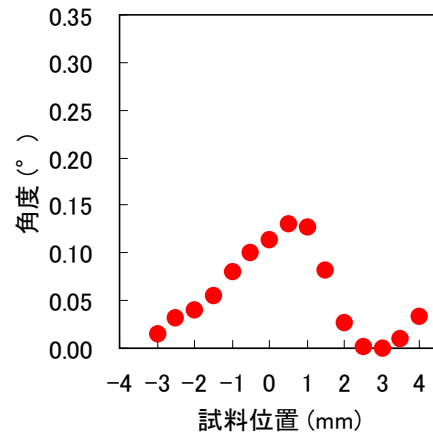
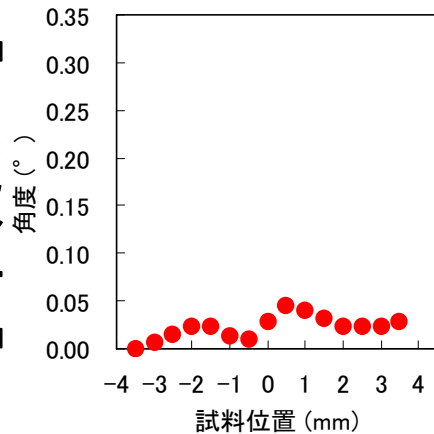
試料A

試料B

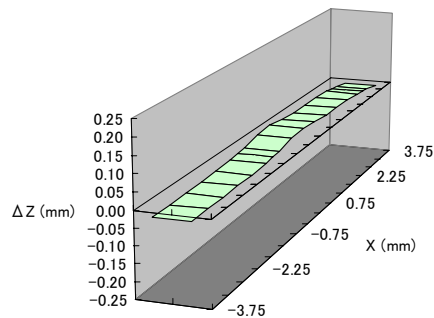
試料C

試料D

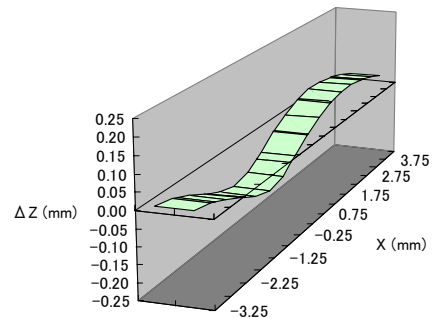
【角度分布】



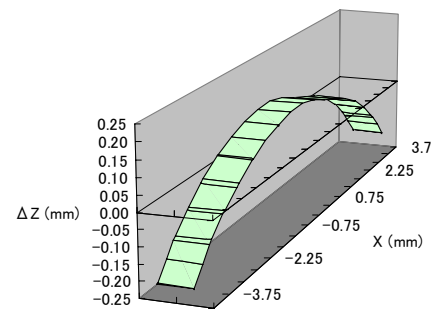
【試料形状】



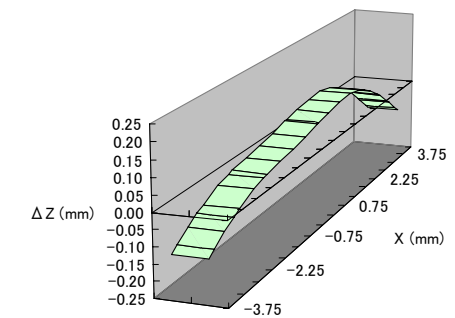
ほぼ平坦



波状

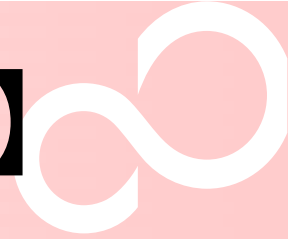


そり大



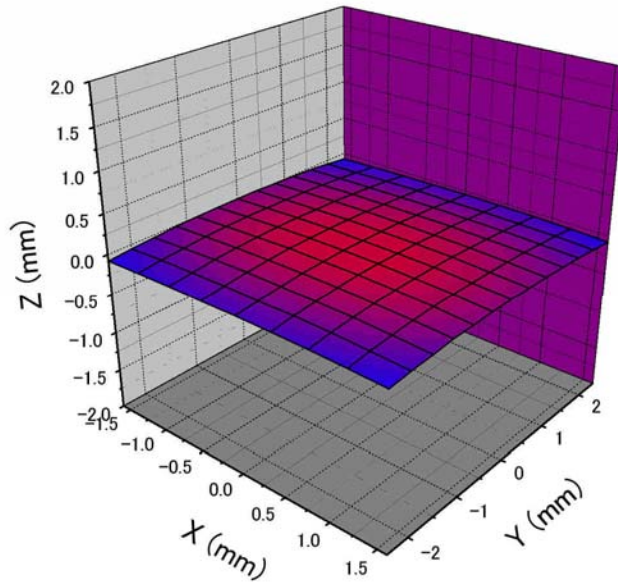
波状+そり

【そりの測定例(2次元分布)】



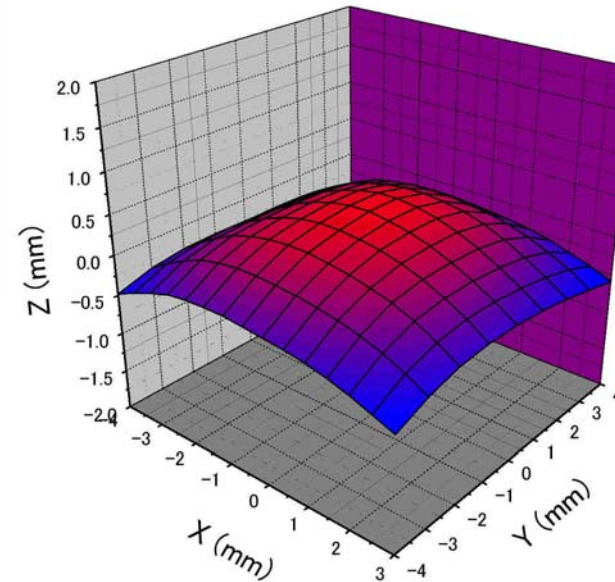
【試料形状】

試料E



ほぼ平坦

試料F



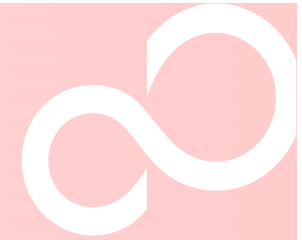
そり大

本測定はBL19B2で行いました。測定を支援して頂いた
JASRI)佐藤真直様に感謝いたします

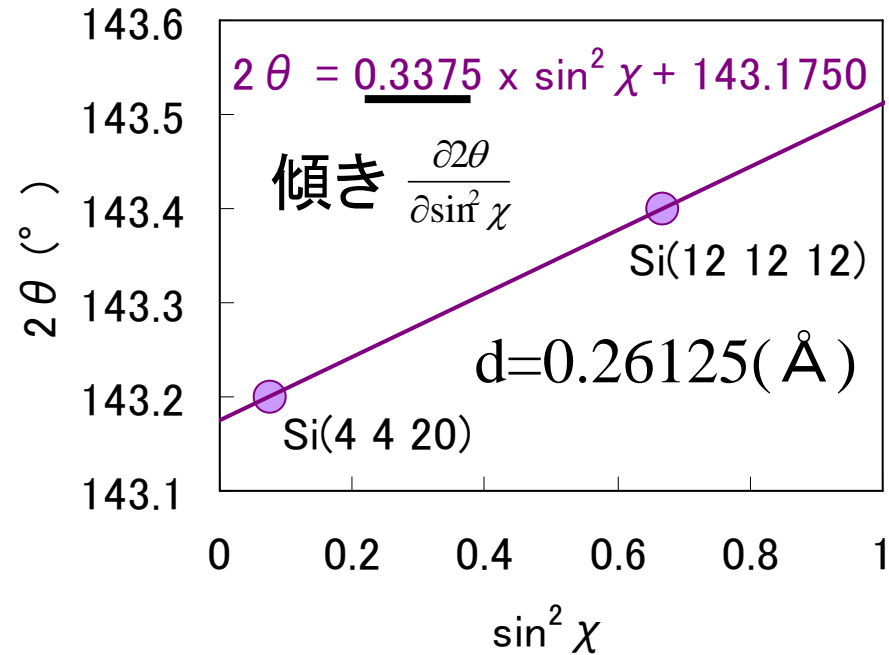
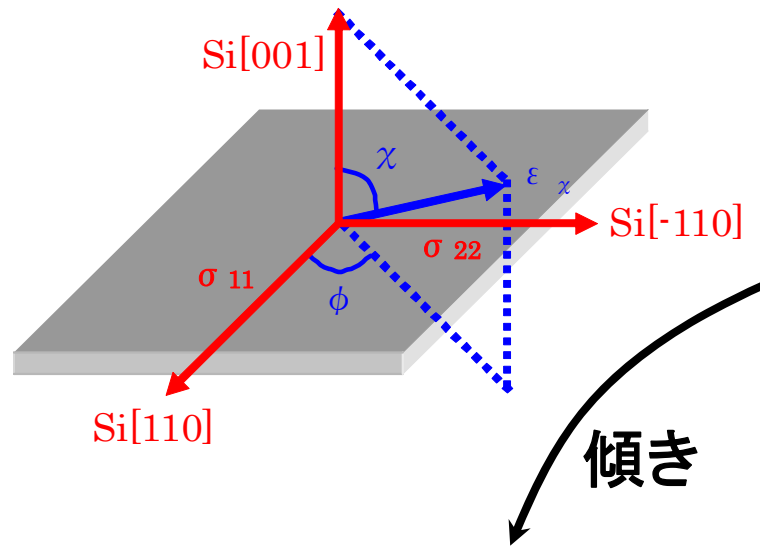
FUJITSU

THE POSSIBILITIES ARE INFINITE

【LSIチップの応力評価法】



結晶軸と応力方位の関係

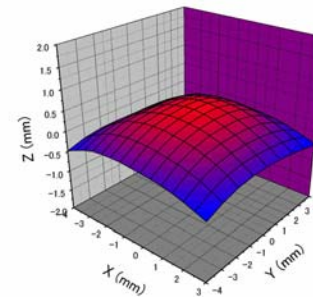
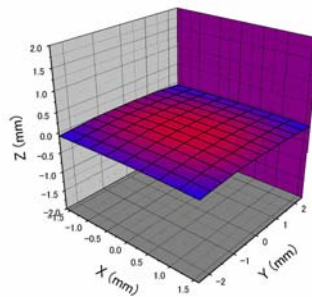
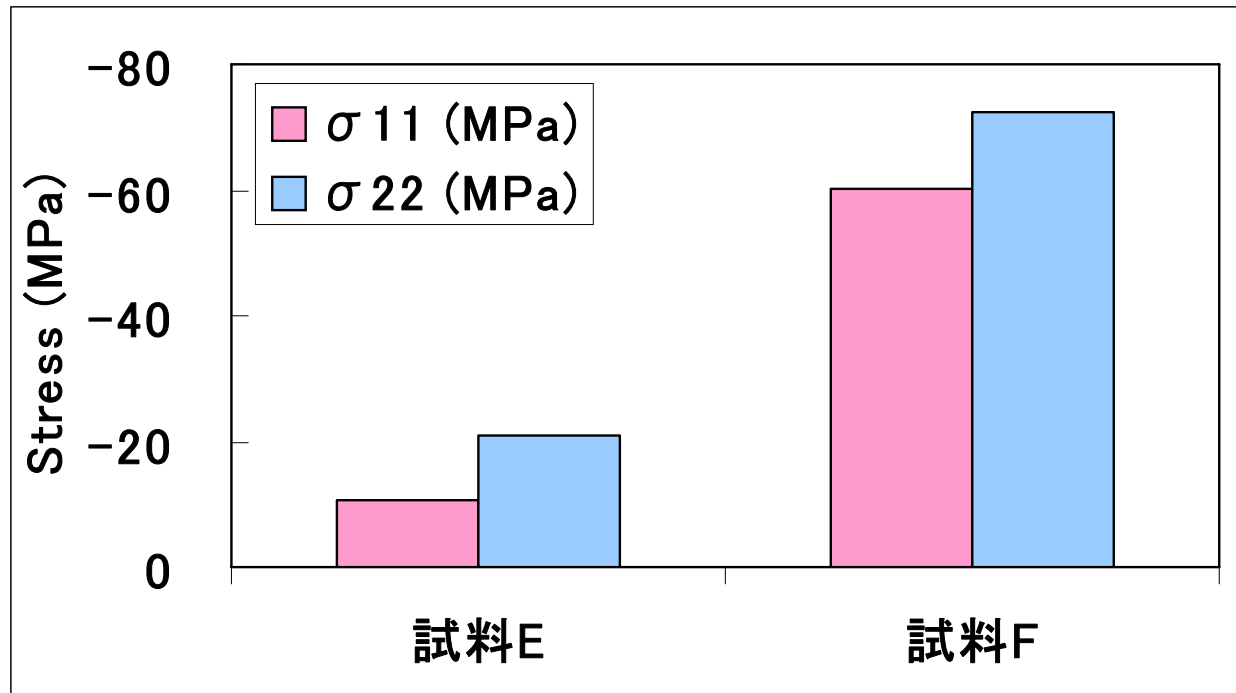
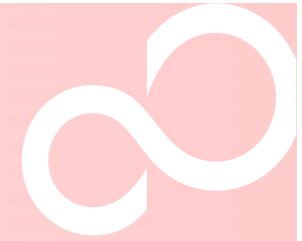


Si[110]方向
$$\frac{\partial 2\theta}{\partial \sin^2 \chi} = -\frac{\tan \theta_0}{2} [(2s_{11} - 2s_{12} + s_{44})\sigma_{11} + (2s_{11} - 2s_{12} - s_{44})\sigma_{22}]$$

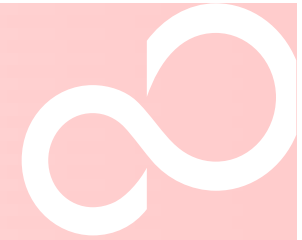
Si[-110]方向
$$\frac{\partial 2\theta}{\partial \sin^2 \chi} = -\frac{\tan \theta_0}{2} [(2s_{11} - 2s_{12} - s_{44})\sigma_{11} + (2s_{11} - 2s_{12} + s_{44})\sigma_{22}]$$

弾性コンプライアンス $s_{11}=7.681(\text{MPa})$ 、 $s_{12}=-2.137(\text{MPa})$ 、 $s_{44}=12.559(\text{MPa})$
 無歪回折角 $2\theta_0 = 143.2918^\circ$

【応力の測定例】



【まとめ】



放射光の高エネルギーX線を使って、LSIパッケージを透過させ、Siチップのそり及び応力を非破壊で評価する技術を開発し、実試料に適用

【そりの評価】

結晶方位の試料位置依存性測定から、そりを評価

【応力の評価】

同じ面間隔を持つ(4 4 20)と(12 12 12)回折ピークを $\phi=0^\circ$ と 90° で測定し、 2θ と $\sin^2 \chi$ の関係を求め、その直線の傾きから、垂直応力 σ_{11} と σ_{22} を評価