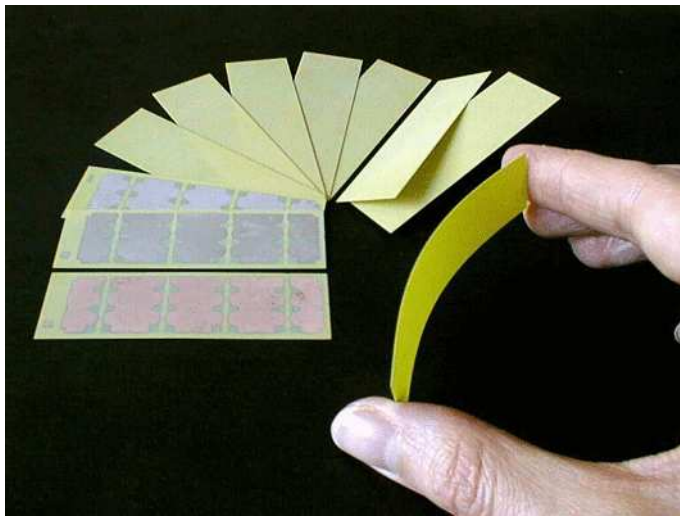


Aktuatorwerkstoffe

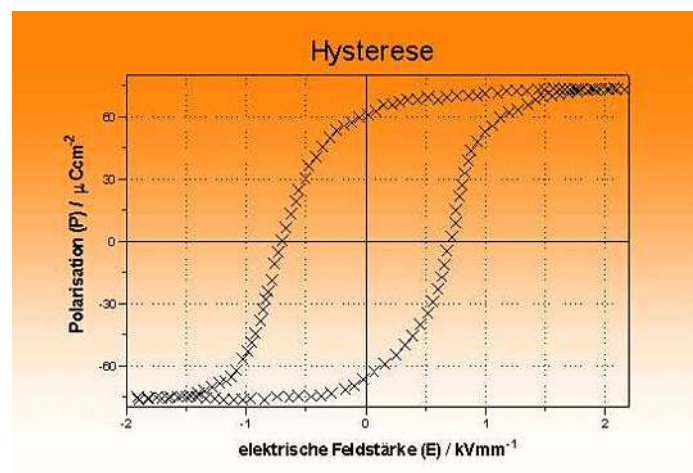
FPM 231 wurde speziell für den Einsatz in Piezoaktuatoren, z. B. **marco-Torque-Blöcke®**, Stapel oder Bieger, entwickelt. Dieser Werkstoff hat gegenüber den herkömmlichen weichen piezokeramischen Werkstoffen folgende Vorteile:

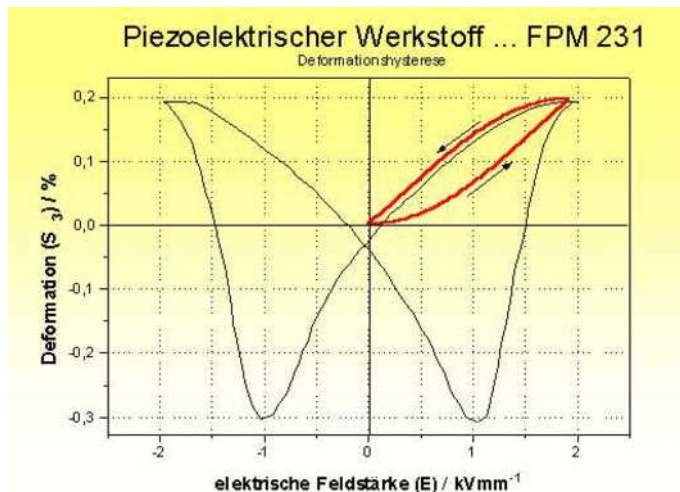
- hohe Deformation $S_3 = 0,188\%$
- hohe mechanische Steifigkeit $c_{33}^D = 157\text{GPa}$
- hohe mechanische Belastbarkeit



FPM 231 wird in Folien von 100 - 300 μm gefertigt, mittels Magnetronzerstäubung metallisiert und zu Aktoren höchster Leistungsdichte, Torque-Blöcken®, weiterverarbeitet.

Piezoelektrisch weiche Werkstoffe zeigen eine charakteristische weit geöffnete Hystereseschleife. Diese Werkstoffe sind hoch-ferroelektrisch und erlauben das Nachpolarisieren unter Betriebsspannung.

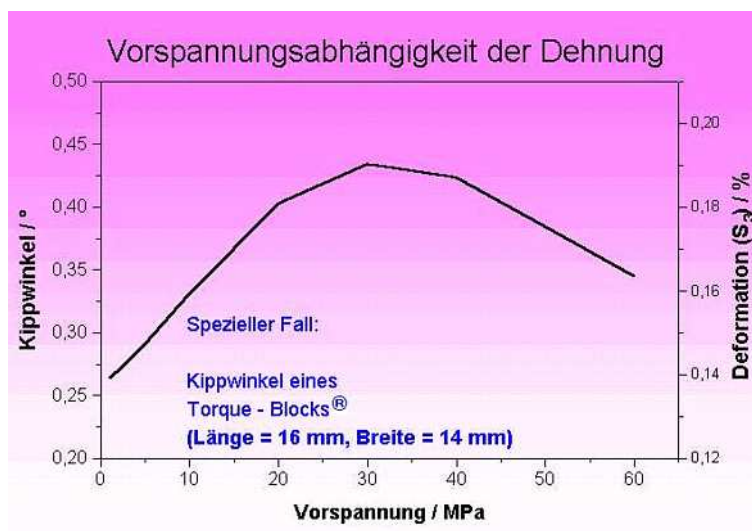




Die Deformationshysteresekurve von FPM 231 hat wie die aller piezoelektrisch weichen Materialien eine charakteristische Schmetterlingsform. Bei Betrieb eines Torque-Blockes® wird dann die rote Kurve durchfahren. Die Deformation ändert sich nahezu linear mit der elektrischen Feldstärke.

Für einen Stapel oder einen Torque-Block® aus dünnen Folien ist charakteristisch, daß er nicht mehr die volle Deformation des kompakten Materials zeigt.

FPM 231 hat hier die höchste Dehnung (non-force-strain $S_3 = 0,14\%$) bei einer Feldstärke von 2 kV/mm.

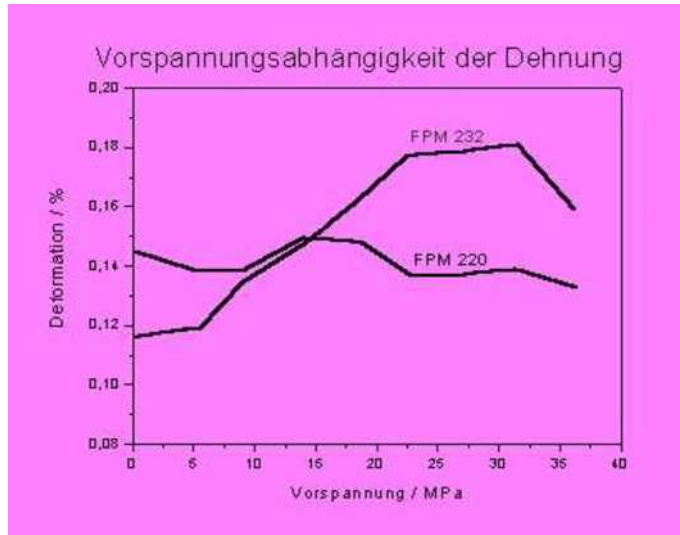


FPM 231 zeigt eine Abhängigkeit der Deformation von Stapeln bzw. des Kippwinkels von Torque-Blöcken® von der Vorspannung, welche für diesen Typ des modifizierten PZT typisch ist. Die Dehnung S_3 erreicht bei etwa 30 MPa über 0,17 % bei 2 kV/mm.

Datenübersicht FPM 231

elektromechanische Kenngröße	Symbol	Einheit	Wert
Dichte	ρ	kg/dm ³	7,82
relative Dielektrizitätskonstante	$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$ $\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$		4000 -
dielektrischer Verlustfaktor	$\tan\delta \cdot 10^{-3}$		21
Curietemperatur	T_C	°C	205
elektromechanische Kopplungsfaktoren	k_p k_{31} k_{33} k_t	%	66 40 72 52
piezoelektrische Ladungskonstante	d_{33} d_{31} $\cdot 10^{-12}$	C/N m/V	680 -300
Deformation	S_3	%	0,188
mechanische Güte	Q_m		60
Temperaturkoeffizient von $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	TK_ϵ $\cdot 10^{-3}$	1/K	-
elastische Nachgiebigkeit	s_{11}^E s_{33}^E $\cdot 10^{-12}$	m ² /N	14,6 23,9
elastische Steifigkeit	c_{33}^D $\cdot 10^{10}$	N/m ²	15,1
Frequenzkonstante	N_p N_t	Hzm	1950 1965
piezoelektrische Druckkonstante	g_{33} g_{31} $\cdot 10^{-3}$	Vm/N	18,5 -8,1
thermischer Ausdehnungskoeffizient	α_3^E $\cdot 10^{-6}$	1/K	-9,1
spezifischer elektrischer Widerstand	ρ_e	Ωm	10 ¹¹

FPM 220 ist ein weicher piezoelektrischer Standardwerkstoff mit höherer mechanischer Güte als FPM 231. Er besitzt eine etwas geringere Dehnung und eine geringere relative Dielektrizitätskonstante.



FPM 232 hat nahezu die gleichen Eigenschaften wie FPM 220 zeigt aber wie FPM 231 eine deutliche Vorspannungsabhängigkeit der linearen Dehnung.

Datenübersicht FPM 220 / FPM 232

elektromechanische Kenngröße	Symbol	Einheit	Wert
Dichte	ρ	kg/dm^3	7,85 / 7,85
relative Dielektrizitätskonstante	$\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$		2950 / 2680
	$\epsilon_{11}^T/\epsilon_0$		2060 / 1980
dielektrischer Verlustfaktor	$\tan\delta \cdot 10^{-3}$		18 / 18
Curietemperatur	T_C	°C	250 / 250
elektromechanische Kopplungsfaktoren	k_p		63 / 67
	k_{31}	%	37 / 39
	k_{33}		68 / 72
	k_t		54 / 54
piezoelektrische Ladungskonstante	d_{33}	C/N	450 / 500
	$d_{31} \cdot 10^{-12}$	m/V	-240 / -295
Deformation	S_3	%	0,175 / 0,18
mechanische Güte	Q_m		120 / 100
Temperaturkoeffizient von $\epsilon_{33}^T/\epsilon_0$	$TK_\epsilon \cdot 10^{-3}$	1/K	5,0/ -

elastische Nachgiebigkeit	s_{11}^E	m^2/N	16,3
	s_{33}^E $\cdot 10^{-12}$		17,5
elastische Steifigkeit	c_{33}^D $\cdot 10^{10}$	N/m^2	16,2
Frequenzkonstante	N_p	Hzm	1970 / 1880
	N_t		1960 / 1940
piezoelektrische Druckkonstante	g_{33}	Vm/N	17,2 / 19,1
	g_{31} $\cdot 10^{-3}$		-9,1 / 11,2
thermischer Ausdehnungskoeffizient	α_3^E $\cdot 10^{-6}$	1/K	-4,9/ -
spezifischer elektrischer Widerstand	ρ_e	Ωm	10^{11}