

1. Silicon
2. Titanium ($3\ \mu\text{m}$)
3. Copper

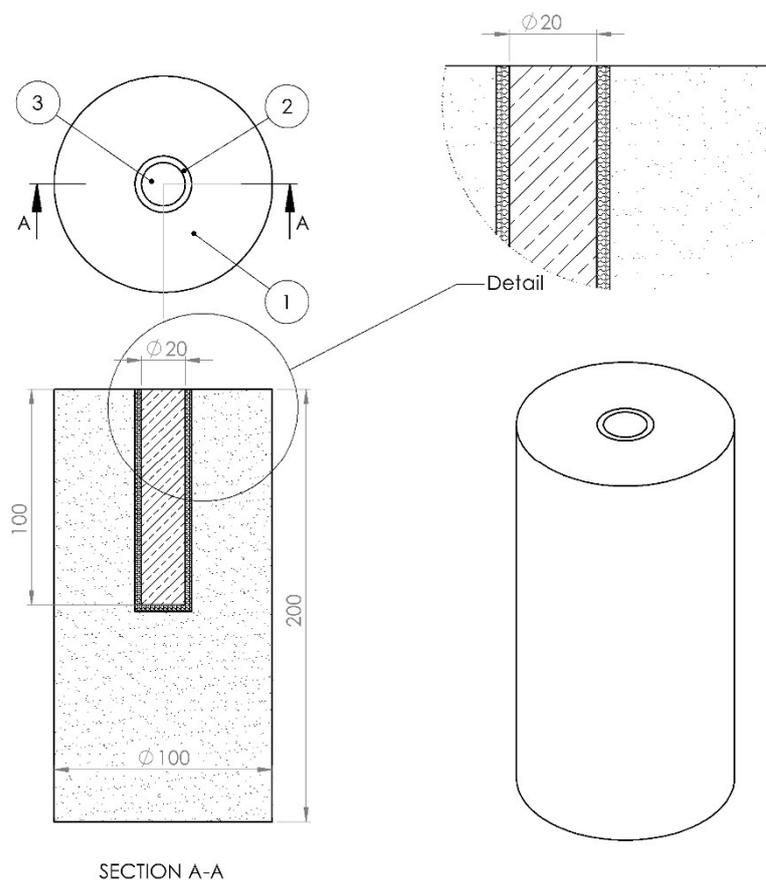


図 8.14 バリア材としてチタンを用いた TSV のモデル構造

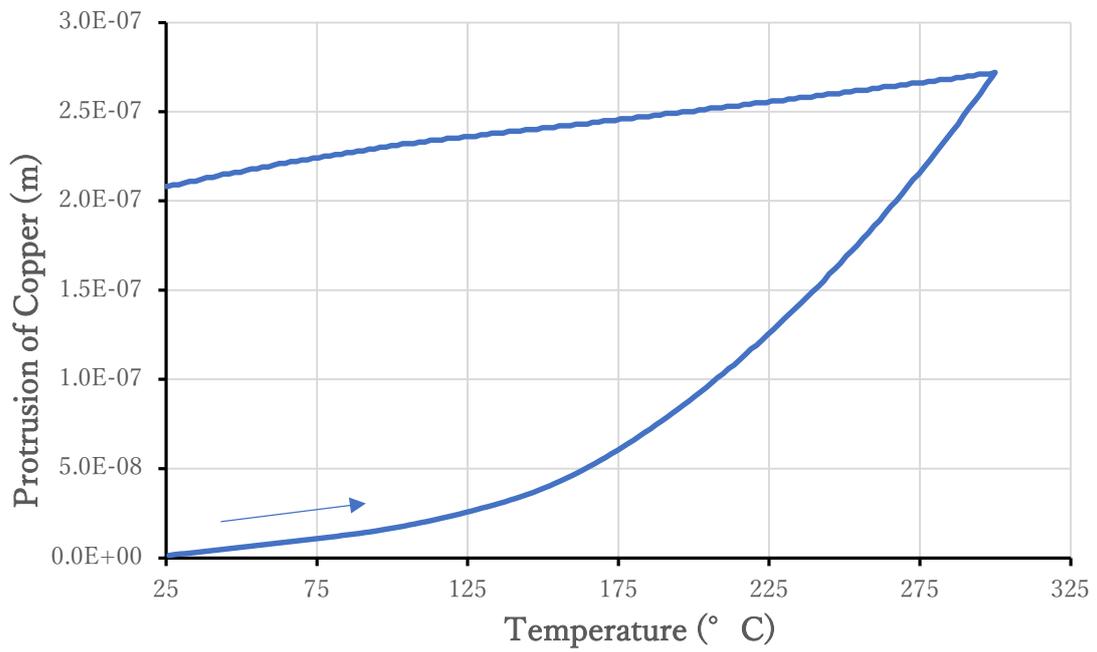


図 8-15 図 8.1 の TSV が室温から 300°Cに昇温・300°Cから室温に冷却という熱的サイクルの第 1 サイクル終了時において、TSV 長尺方向長さの約 0.2%が突出する様子。

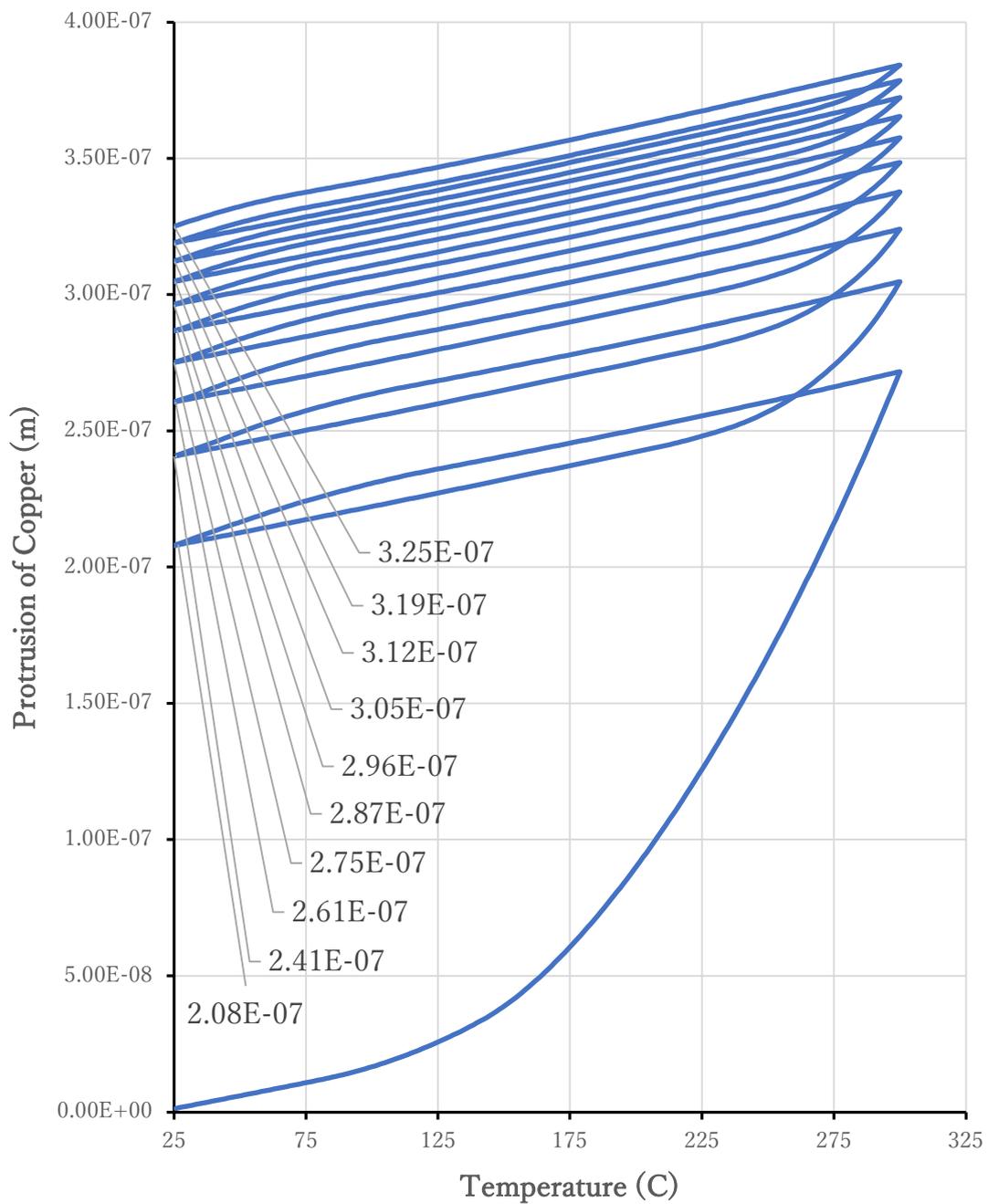


図 8-16 図 8.14 の TSV が室温から 300°C に昇温・300°C から室温に冷却という熱的サイクルを 10 サイクル重ねた際の Cu の突出量の変化。

表 8.1 計算に用いた物性値。

Material	Density (kg/m^3)	Specific Heat ($\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$)		Young's Modulus (Pa)		Poisson's Coef.	Thermal Expansion ($1/\text{K}$)		Thermal Conductivity ($\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$)		Yield Stress (Pa)		Tangent Modulus (Pa)							
Silicon	2300	723		1.30E+11		0.28	4.15E-06	100		NA		NA								
Copper	8900	7	379.3	25	1.28E+11	0.34	393	20	reference	25	7.0E+07	25	6.4E+08							
		27	383.2																	
		77	388.5																	
		127	392.8	500	8.00E+10									300	1.73E-05	500	2.5E+07	500	4.0E+08	
		227	400.3																	
		327	407.1																	
Titanium	4506	540		20	1.10E+11	0.36	20	reference	20	17	1.81E+08	2.32E+08								
				100	1.01E+11								100							16
				200	9.20E+10								200							15
				300	8.50E+10								300	15						
				400	7.80E+10								400	15						
				500	7.20E+10								500	15						
Aluminum	2770	963		25	7.30E+10	0.33	25	2.27E-05	190	5.9E+07	8.4E+07									
				500	4.80E+10															
Tungsten	19300	134		4.00E+11		0.28	0	4.40E-06	156		NA		NA							
Polymer	965	1200		7.00E+05		0.47	25	3.30E-04	0.2		NA		NA							

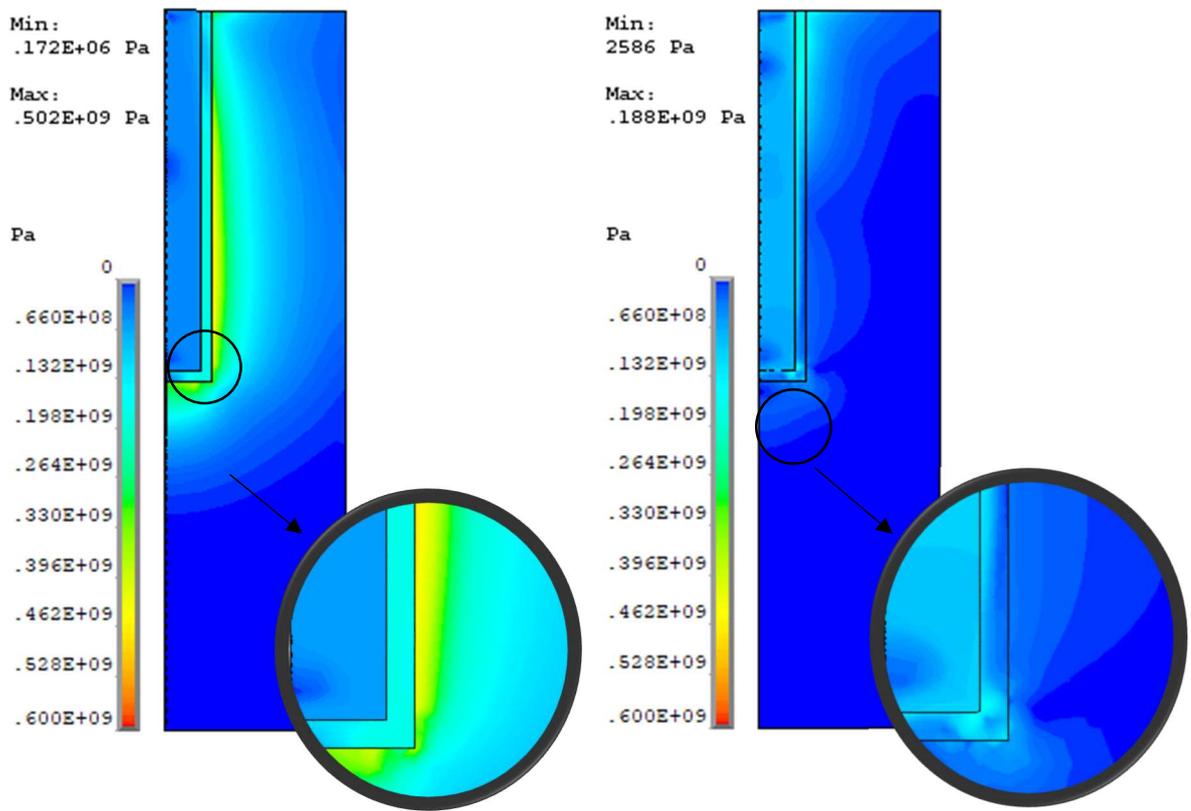


図 8.17 参照材(チタンバリア)の、300°C(左)および 10 回サイクル後(右)のフォンミセス
 応力の等高線図

1. Silicon
2. Tungsten ($0.5\ \mu\text{m}$)
3. AK-100 Polymer ($0.5\ \mu\text{m}$)
4. Aluminum ($0.5\ \mu\text{m}$)
5. Copper

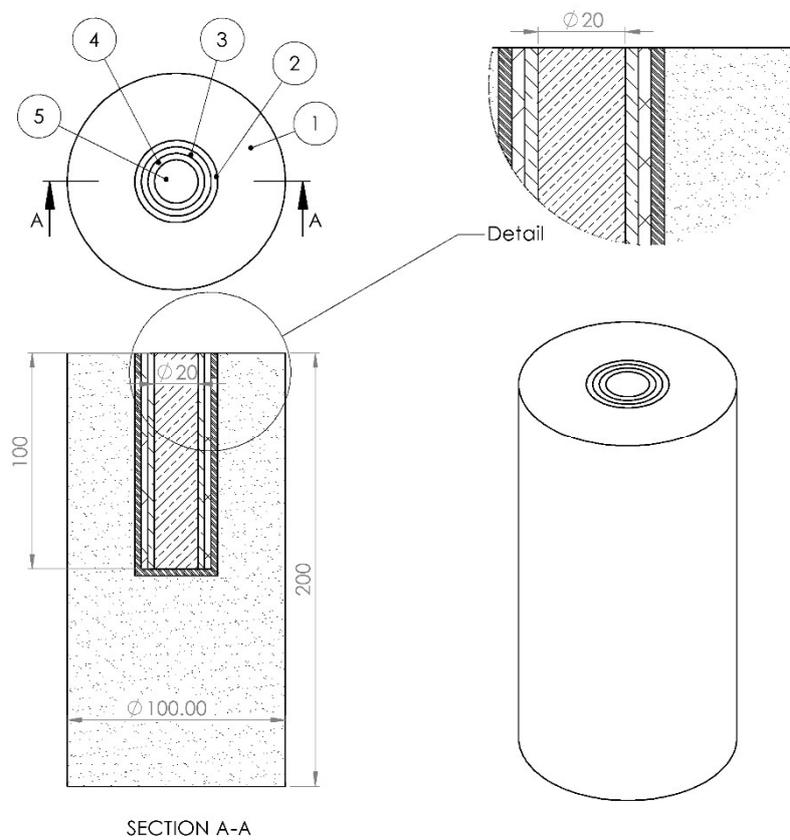


図 8.18 3層構造バリア (アルミニウム/AK-100 高分子/タングステンバリア、底部はアルミニウムのみ)のジオメトリ

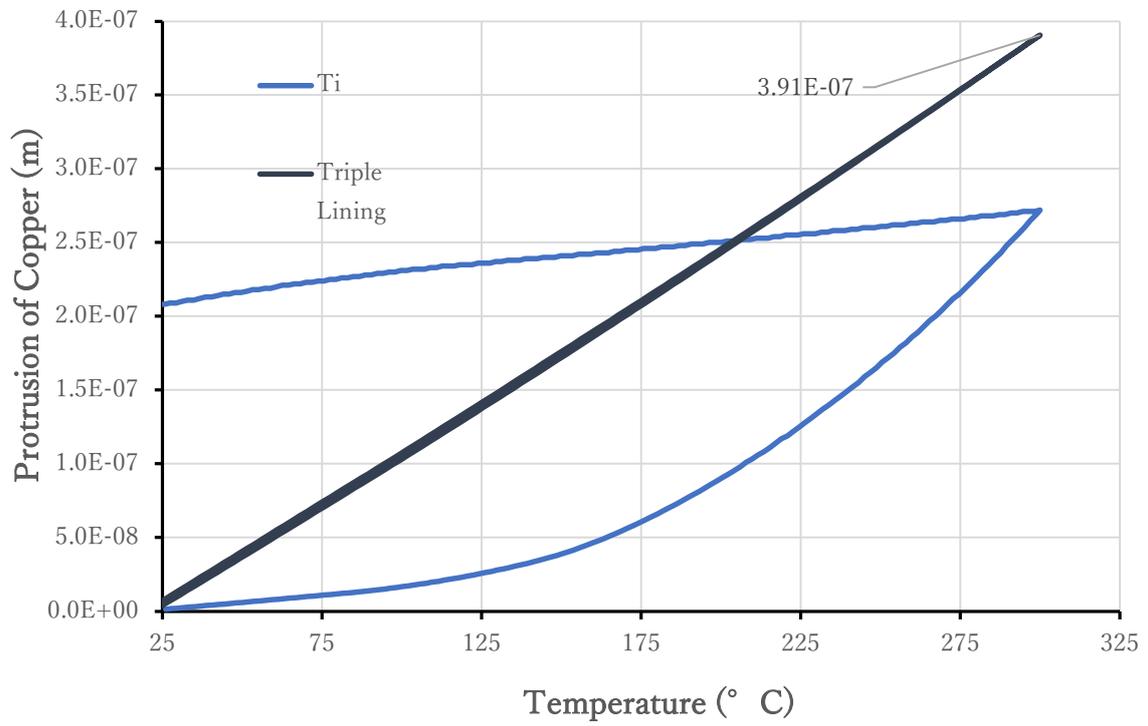


図 8.19 3層構造バリア(アルミニウム/AK-100 高分子/タングステンバリア、底部はアルミニウムのみ)の熱サイクル1回下での突出高さの変化 (最大 $0.391 \mu\text{m}$ 、最終 $0.01 \mu\text{m}$)
 *熱サイクル10回下でも同一値

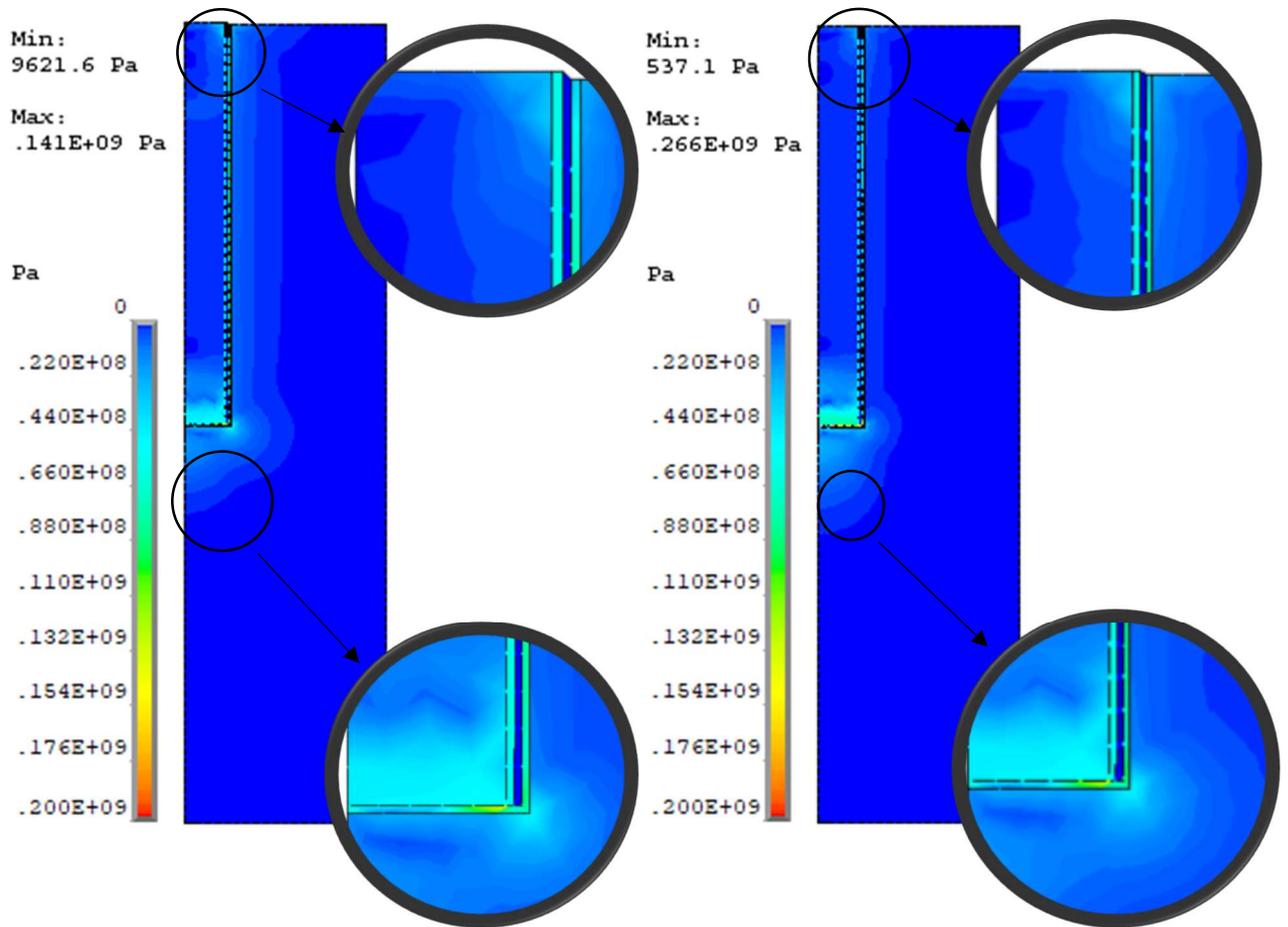


図 8.20 3層構造バリア(アルミニウム/AK-100 高分子/タングステンバリア、底部はアルミニウムのみ)の 300°C(左)および 10 回サイクル後(右)のフォンミセス応力の等高線図