

成績書

品名 熱膨張率標準物質
物質名 単結晶シリコン
ロット番号 NMIJ RM 1101-a
試験項目 熱膨張率（線膨張係数）
製造者名 独立行政法人 産業技術総合研究所
試験実施場所 独立行政法人 産業技術総合研究所 つくば中央第三事業所
試験方法 3 頁のとおり
試験結果 2 頁のとおり
試験実施条件 3 頁のとおり

試験実施年月日 2004 年 4 月 2 日 ~ 2004 年 12 月 4 日

以上に相違ないことを証明する

校正責任者
計量標準総合センター

山田 修史

発行日 2008 年 月 日

発行者
東京都千代田区霞が関 1 丁目 3 番 1 号
独立行政法人
産業技術総合研究所

理事長 吉川 弘之

この成績書に記載された試験の結果は、国家標準にトレーサブルである。
事前の承認なしに、この証明書の一部のみを複製してはならない。

試験結果

熱膨張率（線膨張係数） α は、温度 T （K）の 6 次多項式として次式で表される。

$$\alpha(T) \times 10^6 / \text{K}^{-1} = -6.4822 + 7.1401 \times 10^{-2} T - 2.2935 \times 10^{-4} T^2 + 4.1952 \times 10^{-7} T^3 \\ - 4.4111 \times 10^{-10} T^4 + 2.4831 \times 10^{-13} T^5 - 5.7954 \times 10^{-17} T^6.$$

適用温度範囲は $293.15 \text{ K} \leq T \leq 1000 \text{ K}$ である。

この式により算出した代表的温度における熱膨張率 α とその不確かさの値を以下に示す。

表：代表的温度における熱膨張率（線膨張係数）と拡張不確かさ

温度 T (K)	熱膨張率 α (10^{-6} K^{-1})	拡張不確かさ($k=2$) $u(\alpha)$ (10^{-6} K^{-1})
293.15	2.551	0.028
300	2.612	0.028
350	2.978	0.027
400	3.244	0.026
450	3.446	0.026
500	3.606	0.025
550	3.736	0.025
600	3.846	0.025
650	3.938	0.026
700	4.017	0.026
750	4.085	0.026
800	4.144	0.026
850	4.198	0.026
900	4.248	0.027
950	4.296	0.027
1000	4.335	0.027

本標準物質の不確かさは、熱膨張率測定に関する不確かさ成分、最小二乗法による多項式の導出に関する不確かさ成分、本インゴット内での熱膨張特性の不均質性に起因する不確かさ成分を考慮して算出した。不均質性に起因する不確かさ成分については、インゴットから切り出した 6 個の試料の熱膨張率測定結果に対して分散分析を実施することにより、測定温度域において $9.05 \times 10^{-9} \text{ K}^{-1}$ と見積もった。

試験方法

試験では、浮遊帯域溶融法(FZ法)により作製された直径約 125 mm、長さ約 60 mm の円柱状単結晶シリコン・インゴットから切り出した 6 個の試料の熱膨張率をレーザ干渉式熱膨張率絶対測定法を用いて測定した。

加熱炉により試料温度を変化させると共に試料の長さ L と試料温度 T を 2 重光路式光ヘテロダイン干渉計と熱電対によりそれぞれ測定し、次式により平均温度 T (単位 K) $(= (T_{n+1}+T_n)/2)$ における平均熱膨張率を決定した。

$$\alpha(T) = \frac{L_{n+1} - L_n}{L_0(T_{n+1} - T_n)}$$

L_0 : 試料の室温(293.15 K)における試料長、

T_n, T_{n+1} : 定常状態に保持した試料の温度、

L_n, L_{n+1} : 温度 T_n, T_{n+1} それぞれにおける試料長。

今回の測定では温度変化量 $(= T_{n+1} - T_n)$ は約 50 K 又は 25 K とした。

試料の室温時の長さ L_0 はリニア・ゲージにより測定した。

1 個の試料に対して、293.15 K~1000 K の温度範囲において 64 点の平均熱膨張率の測定を行った。本インゴットから切り出した 6 個の試料の全ての測定値を用いて最小二乗法により、試験結果の 6 次多項式を求め、その式から算出した代表的な温度での熱膨張率とその不確かさの表を付記した。

試験実施条件

試料加熱温度範囲 : 293.15 K~1050 K

試験雰囲気ガス : ヘリウム

雰囲気ガスの平均圧力 : 95 Pa

以上