

# 巨大なマイナス熱膨張剤で材料の形状・寸法を制御

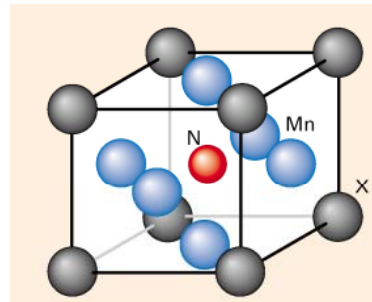
## —ゼロ熱膨張材も実現可能—

名古屋大学 大学院工学研究科 准教授 竹中康司

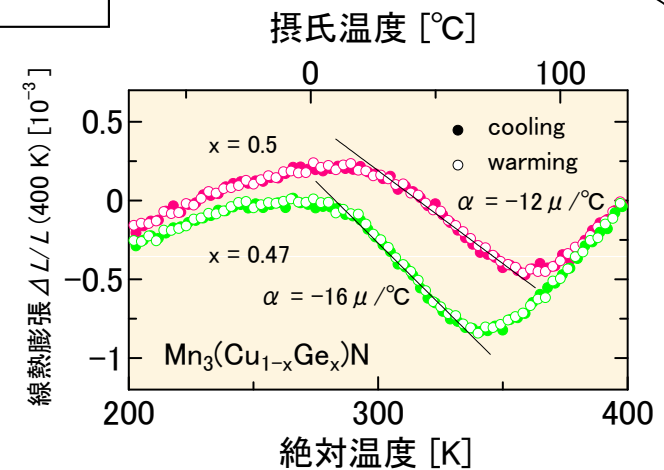
様々な用途に用いられる汎用の熱膨張抑制剤 $Mn_3XN$ を開発しました。この熱膨張抑制剤は、粉末として様々な素材と混合し、各種材料の熱膨張を制御できます。とりわけ線膨張係数にして $-30\text{ppm}/^\circ\text{C}$ を超える巨大な負熱膨張により、これまで難しかったアルミニウムや樹脂の熱膨張をも抑制し、新しい軽量の低膨張材料が作製可能です。また、組成の最適化により、複合材料だけでなく単一の物質としてゼロ膨張を示す材料も作製できます。

### 熱膨張抑制剤 $Mn_3XN$

1. マイナス膨張性を自在に制御
2. 従来材料の数倍に達する巨大負熱膨張
3. 等方的で温度履歴なく機能安定  
セラミックでも粉末でも自由自在
4. 優れた機械特性（ヤング率300 GPa超）
5. 安価で環境に優しい素材



逆ペロフスカイト  
 $Mn_3XN$



各種素材と複合化し、熱膨張を制御  
単一物質ゼロ膨張

K. Takenaka and H. Takagi, *Appl. Phys. Lett.* 87 (2005) 261902

連絡先：〒464-8603名古屋市千種区不老町

名古屋大学 大学院工学研究科 結晶材料工学専攻

准教授 竹中 康司（たけなか こうし）

TEL/FAX 052-789-3853 e-mail [takenaka@nuap.nagoya-u.ac.jp](mailto:takenaka@nuap.nagoya-u.ac.jp)

※本研究の一部はNEDO・産業技術研究助成事業による助成を受けて実施されています

## 各種複合材料

様々な素材との複合化に成功

アルミニウム、各種プラスチック

圧倒的に大きな負熱膨張と高い剛性を

有する $Mn_3XN$ だからこそその新材料

マンガン窒化物 $Mn_3XN$ との  
複合化により開発された  
“低膨張プラスチック”

精密光学機器への搭載に  
向けて評価中

ヤング率 $E=300$  GPa

( $\Leftrightarrow$ インバー合金: 150 GPa,  $ZrW_2O_8$ : 90 GPa)

部材の小型化・軽量化を可能に

※複合材料の線膨張係数 $\alpha = (\alpha_1 E_1 v_1 + \alpha_2 E_2 v_2) / (E_1 v_1 + E_2 v_2)$ ,  $v_1 + v_2 = 1$



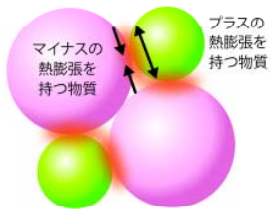
## セラミックス

高硬度、高信頼、安価：理想的ゼロ膨張材料も実現

機能安定、製造プロセス簡素

窒化物の硬さを最大限に発揮

複合材料ゼロ膨張

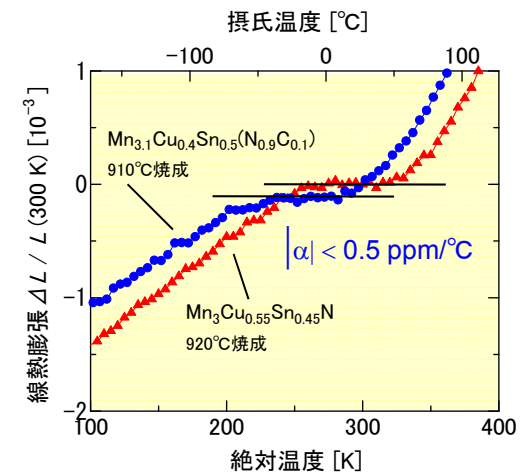
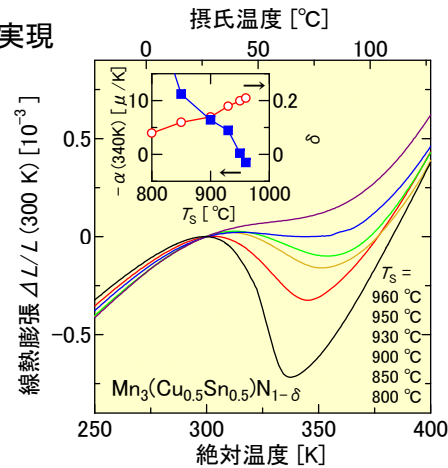


温度変化の繰り返しにより、物質同士の  
界面に大きなひずみが生じるので、亀裂  
などが発生し、機能劣化のおそれがある。

単一物質ゼロ膨張



単一物質でできているため、温度変化  
の繰り返しにも界面が安定している。



# ‘負’の熱膨張

数は少ないが、圧力一定のもとで温度上昇させると、逆に縮む物質がある

→ 負の熱膨張

活躍する負膨張材料

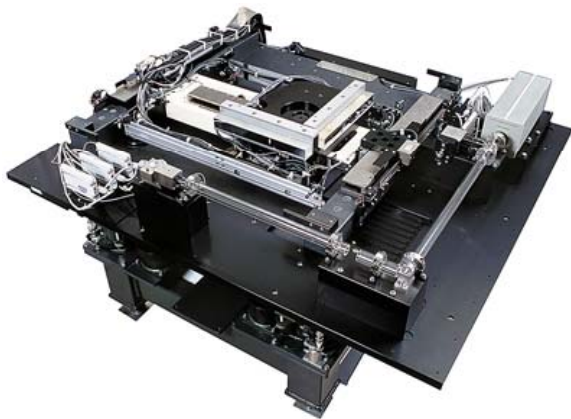
$1 \mu = 100$ 万分の1

$1 \text{ n} = 10$ 億分の1

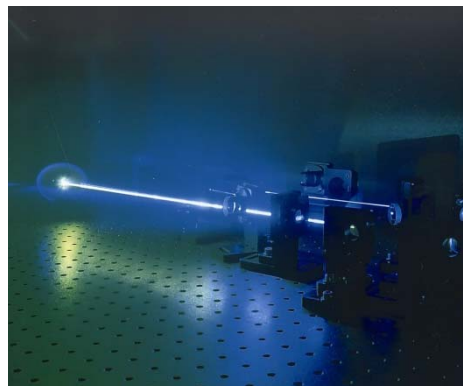
熱膨張の抑制・制御に不可欠 「熱膨張制御」は産業の幅広い分野で求められる

例) 10cmの鋳鉄1°C上昇で $1.2 \mu\text{m}$  (マイクロ) ↔ 半導体デバイスの線幅:  $45 \text{ nm}$  (ナノ)

半導体製造装置、精密工作機械、精密光学機器、各種精密部品・基板、ファイバー・ブラッグ・グレーティング(FBG)の温度補償、ヒートシンク など



半導体製造装置



精密光学機器

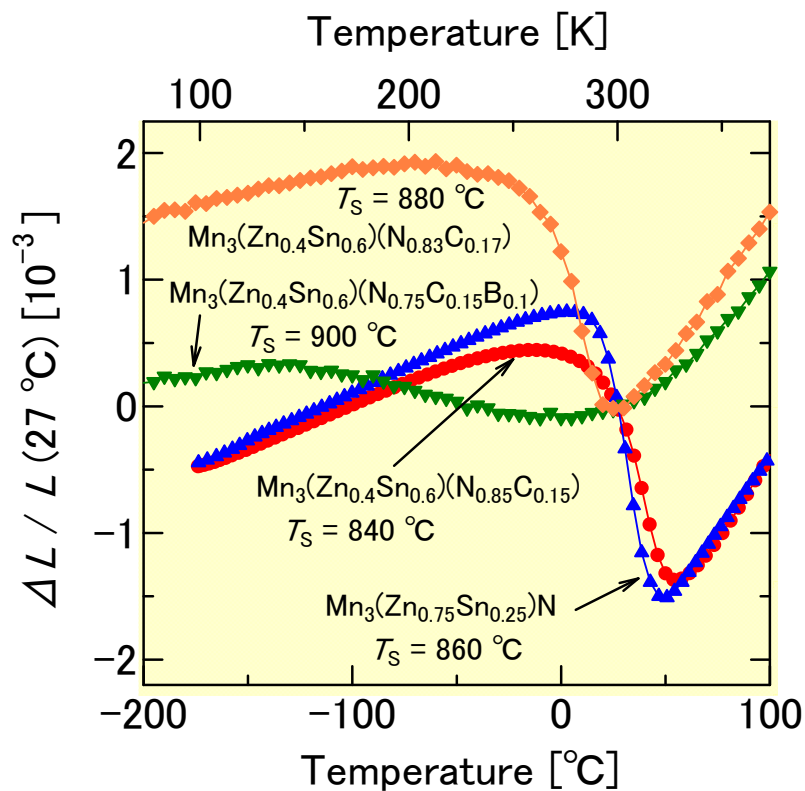


各種精密デバイス部品

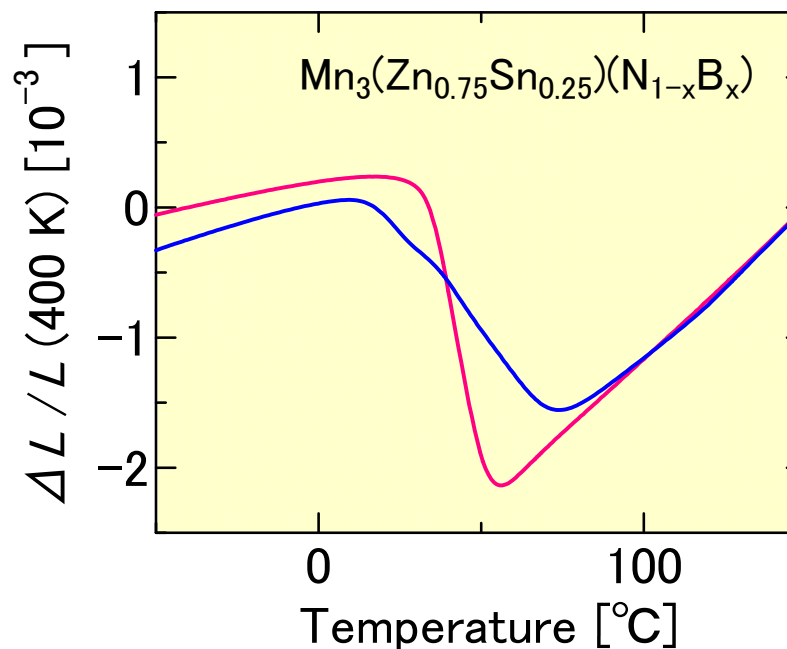
# マンガン窒化物熱膨張抑制剤

Geフリーによる低コスト化

(Mn、Zn、Cu、Sn、C、B、Nで高機能化)



$\alpha = -30 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 超



$x = 0: \alpha = -100 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 20^\circ\text{C}$ )

$x = 0.05: \alpha = -27 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$  ( $\Delta T = 70^\circ\text{C}$ )

K. Takenaka, K. Asano, M. Misawa, and H. Takagi,  
Appl. Phys. Lett. 92 (2008) 011927

PCT/JP2005/013914 (WO2006/011590A1)