光熱効果による誘起・共振に基づく結晶の高速固有振動

High-speed Natural Vibration of Crystals Induced and Resonated by Photothermal Effect

早大 [1]，産総研 [2]，東工大 [3] °萩原 佑紀 [1]，長谷部 翔大 [1]，劉 芽久哉 [2]，藤澤 弘樹 [3]，森川 淳子 [3]，朝日 透 [1]，小島 秀子 [1]

Waseda Univ. [1], AIST [2], Tokyo Tech. [3] °Yuki Hagiwara [1], Shodai Hasebe [1], Meguya Ryu [2], Hiroki Fujisawa [3], Junko Morikawa [3], Toru Asahi [1], Hideko Koshima [1]

E-mail: miler-yh0514@fuji.waseda.jp

光や熱などに応答して巨視的に動くメカニカル結晶は、アクチュエータやソフトロボットへの応用が期待されている[1]。この 10 年間で様々なメカニカル結晶が開発されたが、大部分は光異性化[2]、一部は相転移[3]に基づいていたため、対象となる結晶が限定されることが難点であった。昨年、光熱効果により結晶が高速で屈曲することを発見した[4]。ごく最近、光熱効果による屈曲のシミュレーションに成功し、屈曲機構を実証できた[5]。光熱効果は物質が光を吸収して熱を発する物質共通の現象であり、あらゆる結晶を対象にできる。本研究では、2,4-ジニトロアニソール(**24DNAN**)結晶[6] (Figure 1a)が光熱効果により、高速で固有振動を起こすことを新たに発見した。

飽和メタノール溶液を急冷して棒状結晶を作製した。10–60 ℃の単結晶 X 線回折により、長さ方向の熱伸長率は 2.47×10^{-4} /K と比較的大きい値となった。棒状結晶(長さ 5482 μm, 幅 105 μm, 厚さ 58.6 μm, Figure 1b)に紫外光 (375 nm, 885 mW cm^{-2})を照射すると、光熱効果により、250 Hz の弱い固有振動を伴った、8 ms の高速で 1°の大きい屈曲が見られた(Figure 1c)。紫外光照射を止めると同様の固有振動を伴い、高速で元の形状に戻った。固有振動数 250 Hz と同じ周波数のパルス光を照射すると、共振により屈曲が大きく増幅されることがわかった(Figure 1d)。本発表では光熱効果により誘起される固有振動の詳細な機構についても発表する。

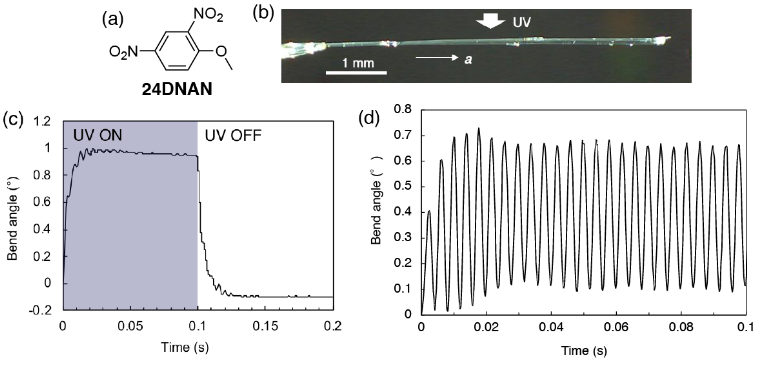

Figure 1 Photothermally driven bending of a **24DNAN** crystal. (a) Molecular structure of **24DNAN**. (b) The rod-shaped crystal of which left tip was fixed to the glass needle. (c) Time dependence of bend angle upon and after UV irradiation. (d) High-speed bending of 250 Hz by pulsed irradiation of UV.

文献

[1] *Mechanically Responsive Materials for Soft Robotics*, ed. H. Koshima, Wiley-VCH, Weinheim, **2020**.
[2] H. Koshima, N. Ojima, H. Uchimoto, *J. Am. Chem. Soc.* **2009**, *131*, 6890–6891.
[3] T. Taniguchi, H. Sugiyama, H. Uekusa, M. Shiro, T. Asahi, H. Koshima, *Nat. Commun.* **2018**, *9*, 538.
[4] Y. Hagiwara, T. Taniguchi, T. Asahi, H. Koshima, *J. Mater. Chem. C* **2020**, *8*, 4876–4884.
[5] S. Hasebe, Y. Hagiwara, J. Komiya, M. Ryu, H. Fujisawa, J. Morikawa, T. Katayama, D. Yamanaka, A. Furube, H. Sato, T. Asahi, H. Koshima, *J. Am. Chem. Soc.* **2021**, *143*, 8866–8877.
[6] H. Takahashi, R. Tamura, *CrystEngComm* **2015**, *17*, 8888–8896.

© 2021年 応用物理学会