



Tecnologie innovative in materiali a memoria di forma: strutture autoassemblanti e stampa 4D

Elena Mauro

Relatore prof **Ferdinando Auricchio**

Correlatore **Elisa Boatti**

Correlatore **Giulia Scalet**

Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura

Elena Mauro

27 Aprile 2015

Introduzione al problema

L'osservazione dei fenomeni naturali, dalle piante alle proteine e al DNA , ha permesso di estrapolare delle linee guida per la **progettazione di strutture ingegneristiche auto-assemblanti**.

Vantaggi:

- riduzione dei tempi di assemblaggio
- non richiede l'intervento dell'uomo
- biocompatibilità di alcuni materiali intelligenti

Scopo

Ricerca bibliografica, analisi delle metodologie per auto-piegatura e auto-assemblaggio, delle proprietà dei materiali usati, delle possibili applicazioni con attenzione al campo biomedico, sviluppi futuri

Schema della presentazione

- Materiali intelligenti
- Auto-piegatura ed auto-assemblaggio
- Applicazioni
- Sviluppi futuri: stampa 4D

Materiali intelligenti

I materiali intelligenti sono materiali in grado di rispondere ad uno stimolo esterno variando le loro proprietà, struttura, composizione e/o funzioni.

I **materiali a memoria di forma** rappresentano un'importante classe di materiali intelligenti, in quanto hanno l'abilità di mantenere una configurazione deformata e di recuperare la configurazione originale in seguito ad uno stimolo esterno. Tale proprietà prende il nome di **effetto a memoria di forma**

Materiali a memoria di forma

- **Leghe a memoria di forma**

La trasformazione martensitica determina il cambiamento di forma

- fase austenitica
- fase martensitica



- **Polimeri a memoria di forma**

Il cambiamento a memoria di forma avviene grazie ad interazioni chimico-fisiche

- **Materiali ibridi, ceramici e gel**

Il cambiamento di forma avviene sostanzialmente grazie alla natura visco-elastica dei materiali

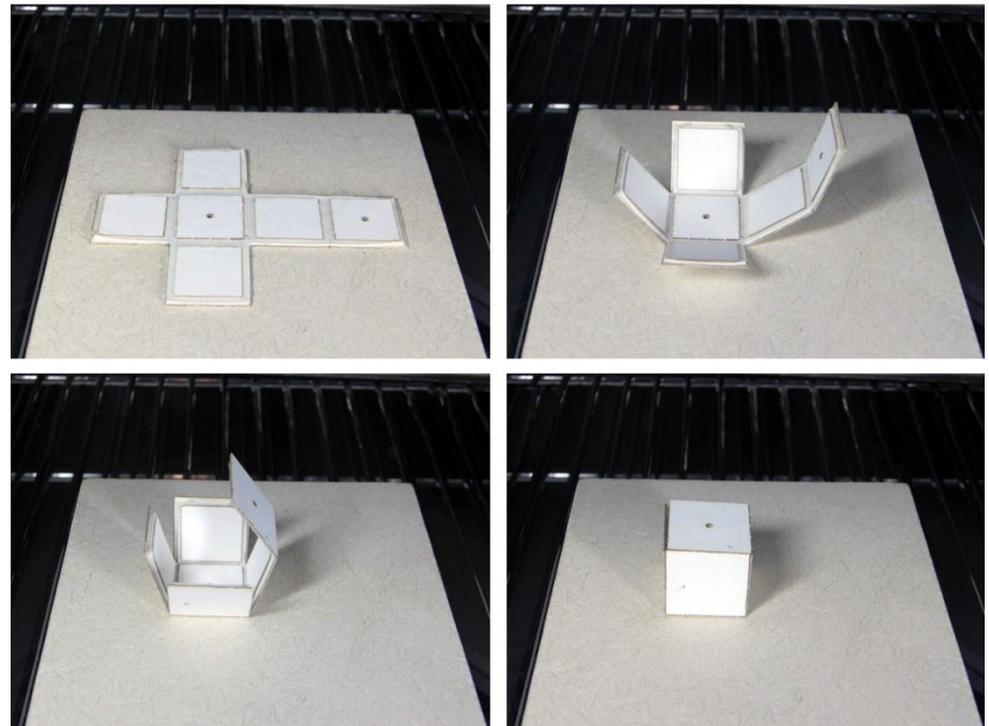
(Sun et al., 2012)

Auto-piegatura

L'**auto-piegatura** è un processo che consiste nella trasformazione di superfici bidimensionali in strutture tridimensionali in modo autonomo

In letteratura ci sono due approcci principali per la modellizzazione di semplici strutture auto-pieghevoli:

- origami rigidi
- analisi agli elementi finiti

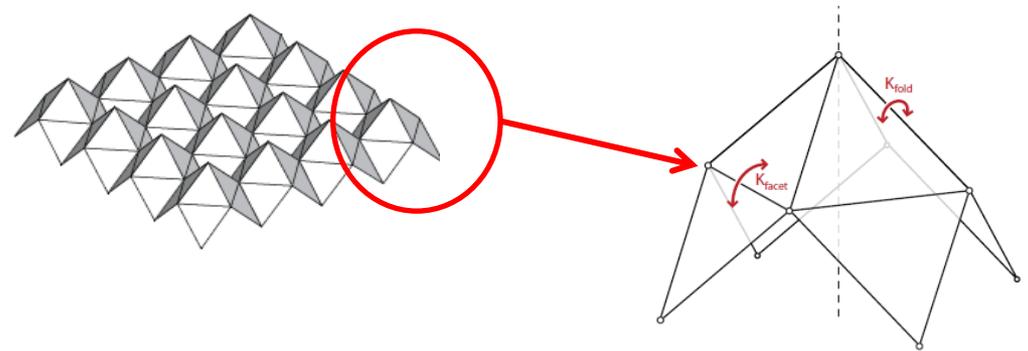


(Tolley et al., 2013)

Approcci principali per la modellizzazione

- **origami rigidi**

Nello studio delle proprietà e delle applicazioni di superfici piane continue vengono utilizzati i fogli a struttura piegata: il foglio di Miura e il foglio Eggbox.



(Schenk and Guest, 2010)

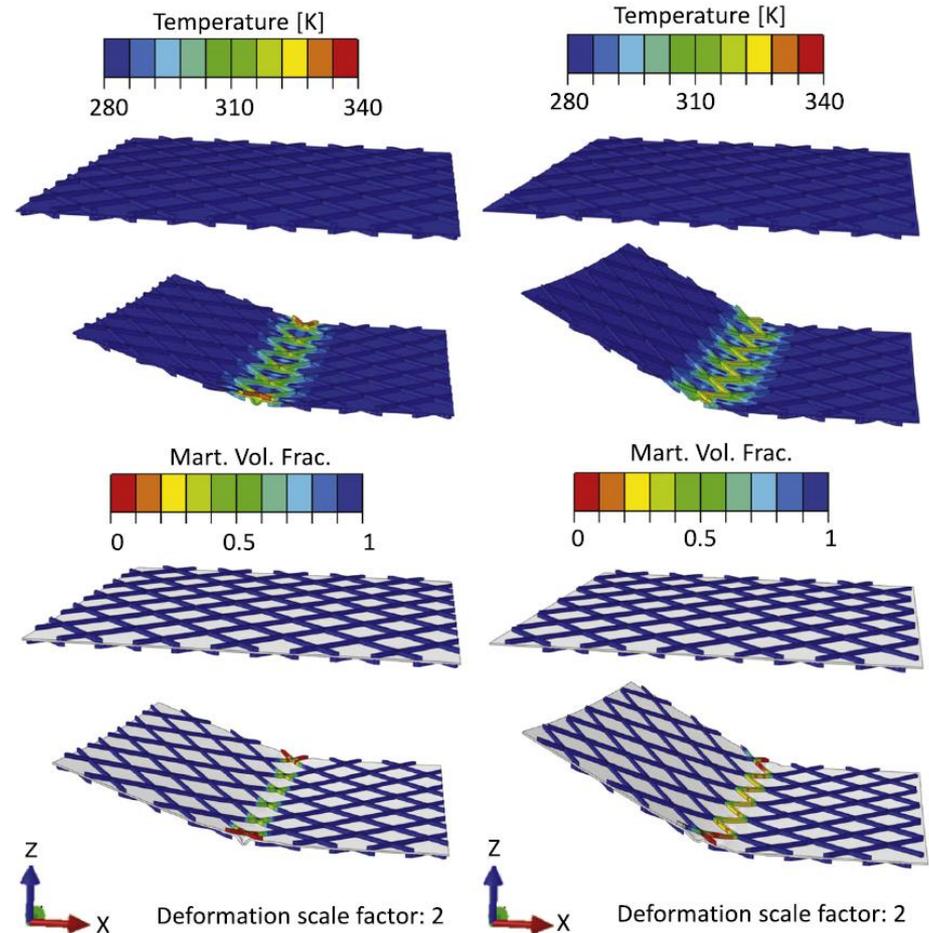
Approcci principali per la modellizzazione

- **origami rigidi**

Nello studio delle proprietà e delle applicazioni di superfici piane continue vengono utilizzati i fogli a struttura piegata: il foglio di Miura e il foglio Eggbox.

- **analisi agli elementi finiti**

Analisi delle prestazioni di piegatura di due maglie a memoria di forma separate da uno strato passivo.

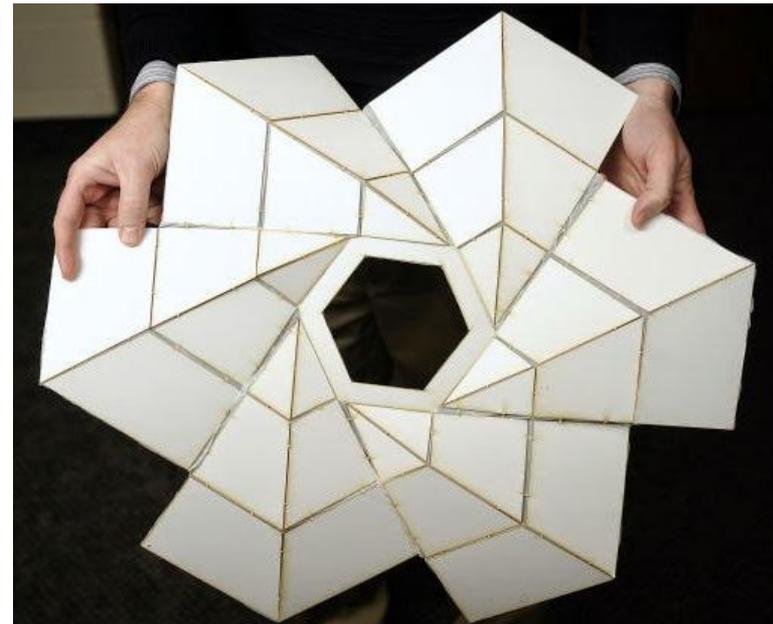


(Peraza-Hernandez et al., 2013)

Applicazioni

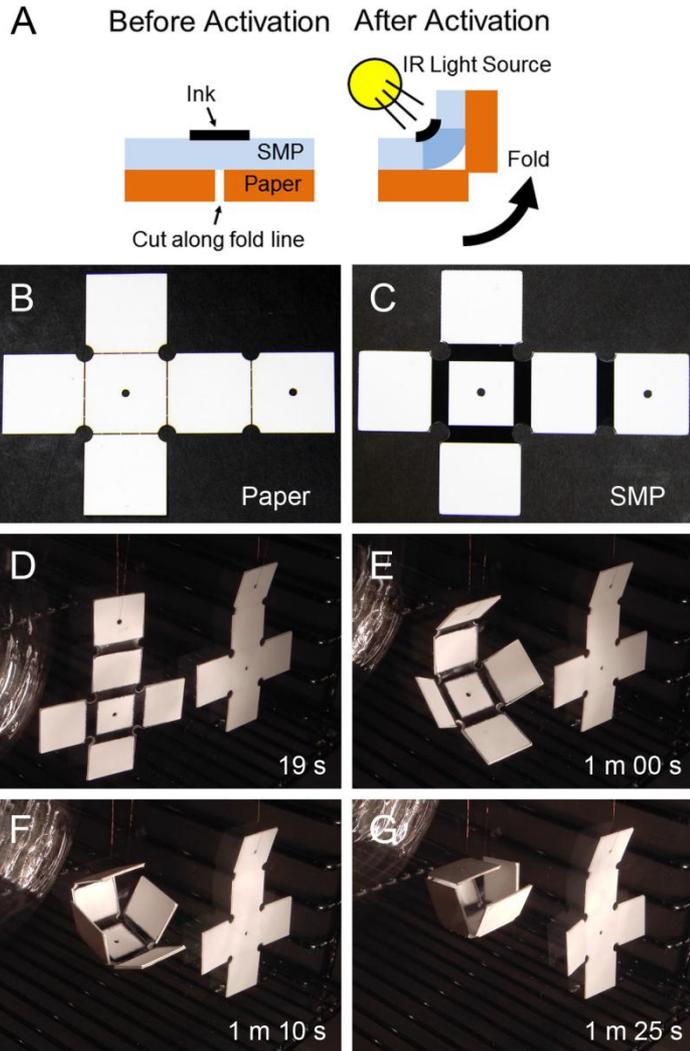
Vantaggi dell'utilizzo degli origami rispetto ai metodi tradizionali :

- la piegatura di lamiere sottili in forme 3D richiede **meno materiale** di una struttura solida equivalente
- ci sono **molte tecniche di fabbricazione** planare, come il taglio laser, la litografia e la stampa 3D
- le strutture pieghevoli possono essere trasportate nella loro forma bidimensionale per **facilitare la logistica**
- si possono creare **forme complesse** e anche robot
- riduce notevolmente i **tempi di assemblaggio** e **non richiede l'intervento dell'uomo** (Felton et al., 2013)

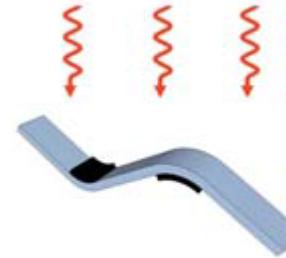


Esempi di auto-piegatura (1/5)

• Cubo termosensibile



Il **polistirene** termo-sensibile si contrae più del 50% ad una temperatura superiore ai 100°C

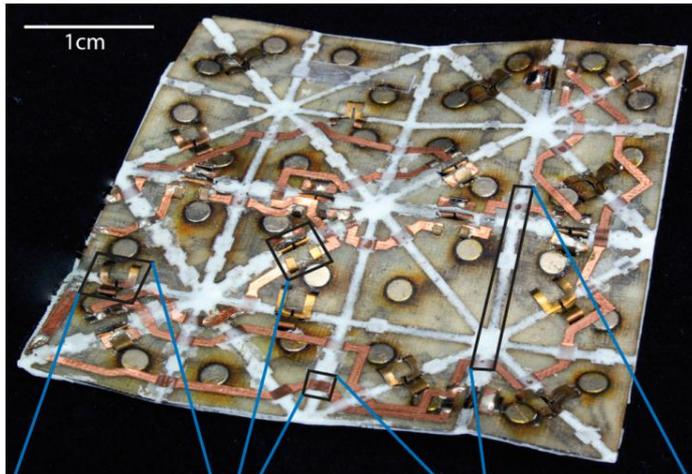


La posizione dell'inchiostro determina una piegatura *a monte* o *a valle*

(Tolley et al., 2013)

Esempi di auto-piegatura (2/5)

- Foglio autopieghevole



A



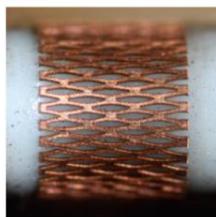
C



E



B



D

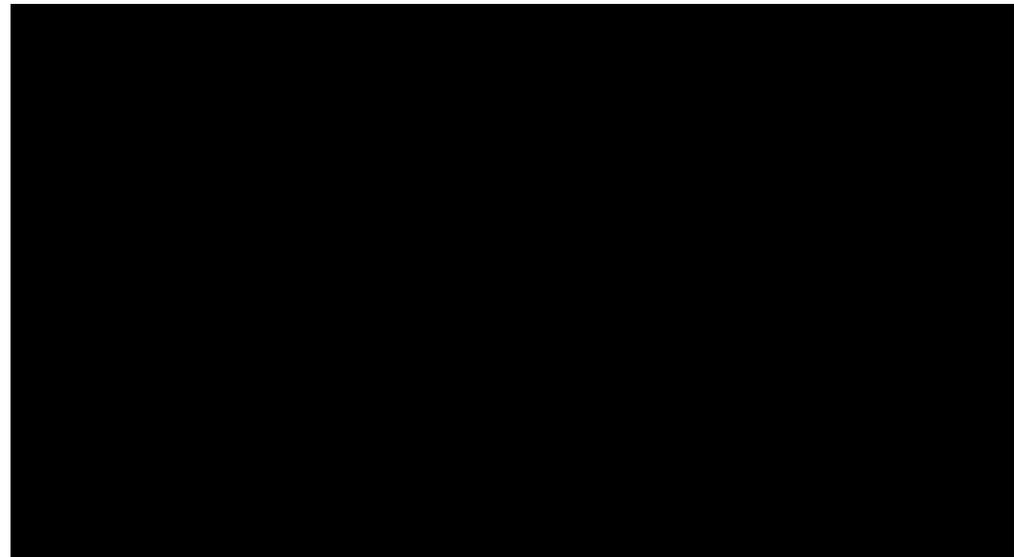


F

Materia programmabile:

- foglio in vetroresina
- attuatori in NiTi
- componenti elettroniche flessibili

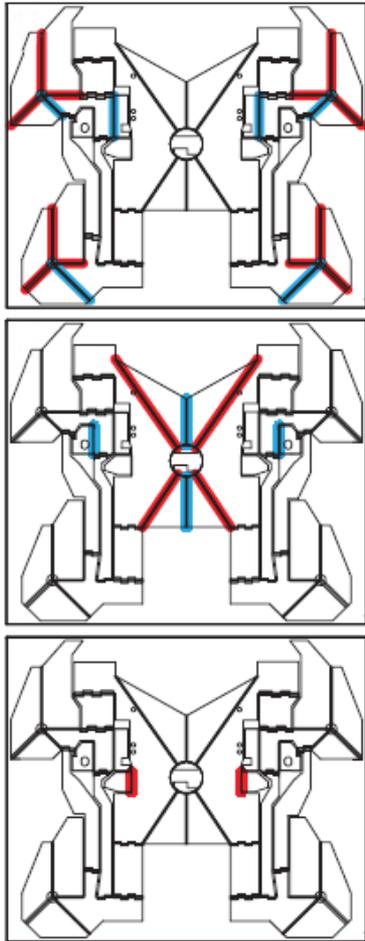
Temperatura di transizione: 70 °C



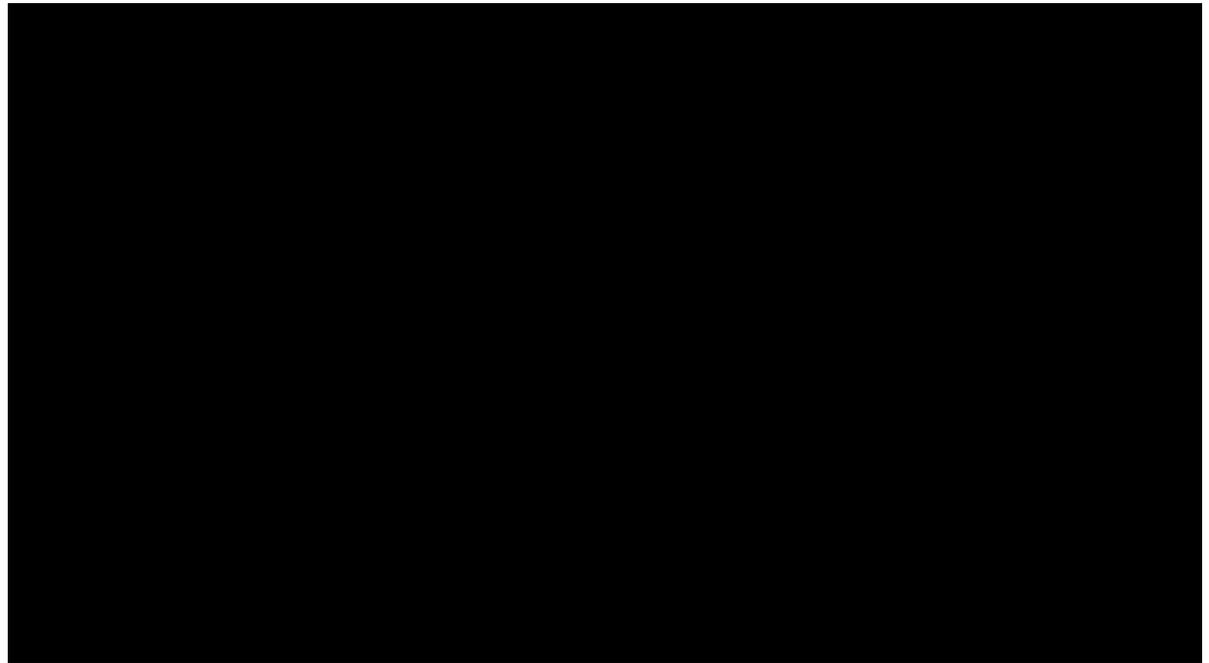
(Hawkes et al., 2010)

Esempi di auto-piegatura (3/5)

- Robot auto-pieghevole



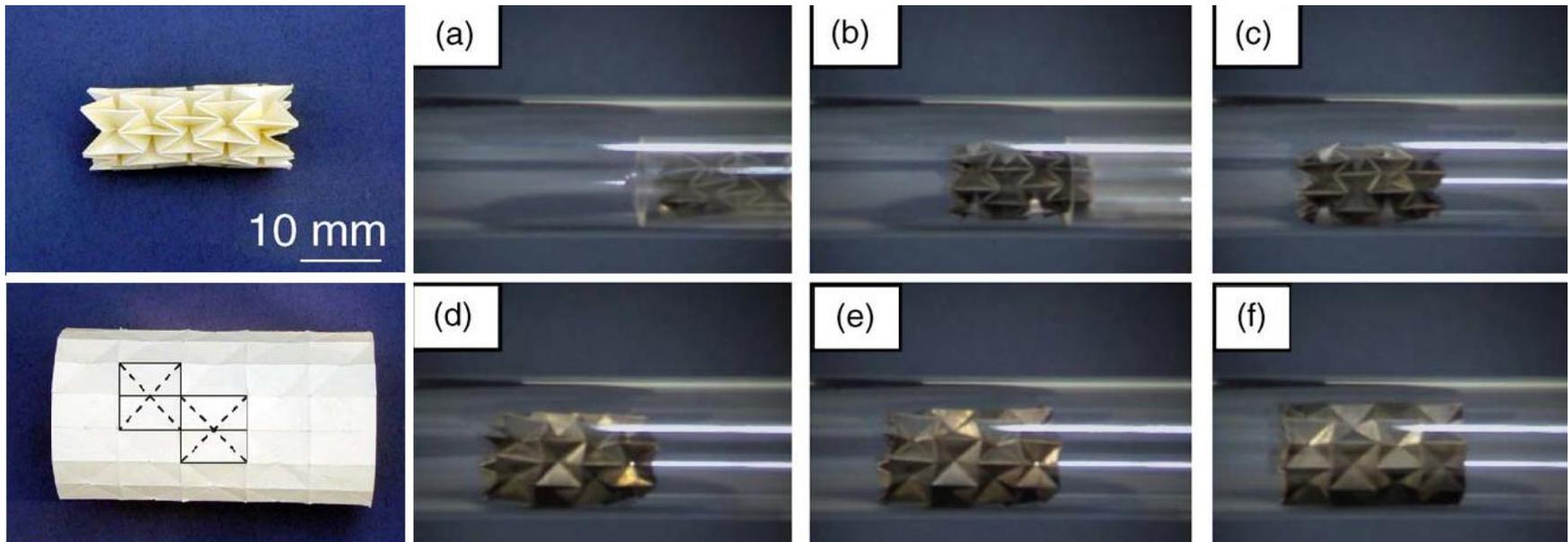
- due substrati passivi di carta
- due strati di polistirene prestirato (100 °C)
- circuiti resistivi



(Felton et al., 2014)

Applicazioni biomediche (4/5)

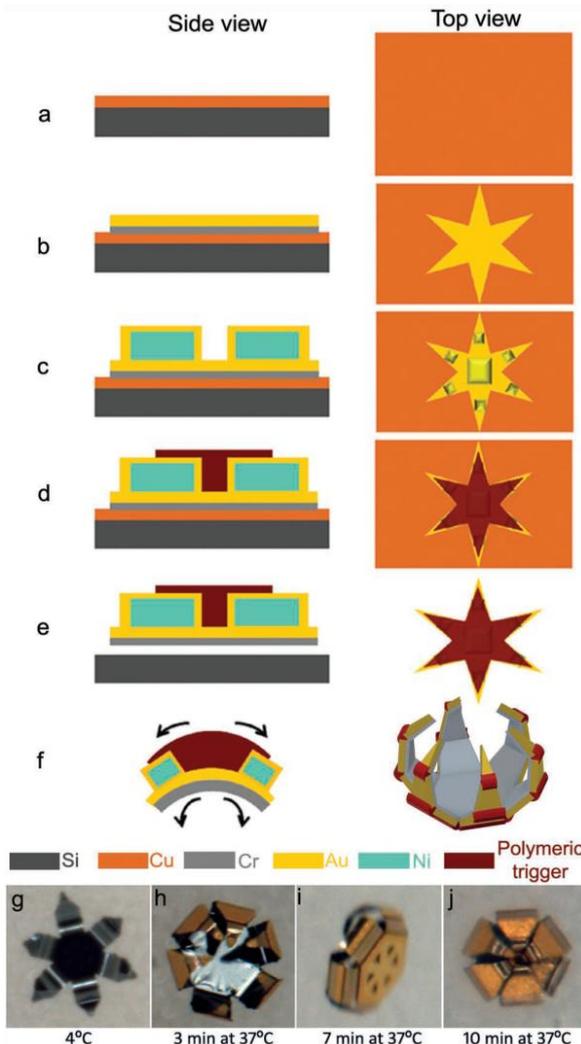
- **Stent origami**
- lamina in NiTi
- diametro pari a quello degli stent esofagei ed aortici esistenti (25,4 mm)



(Kuribayashi et al., 2006)

Applicazioni biomediche (5/5)

• Micro-pinze per la biopsia

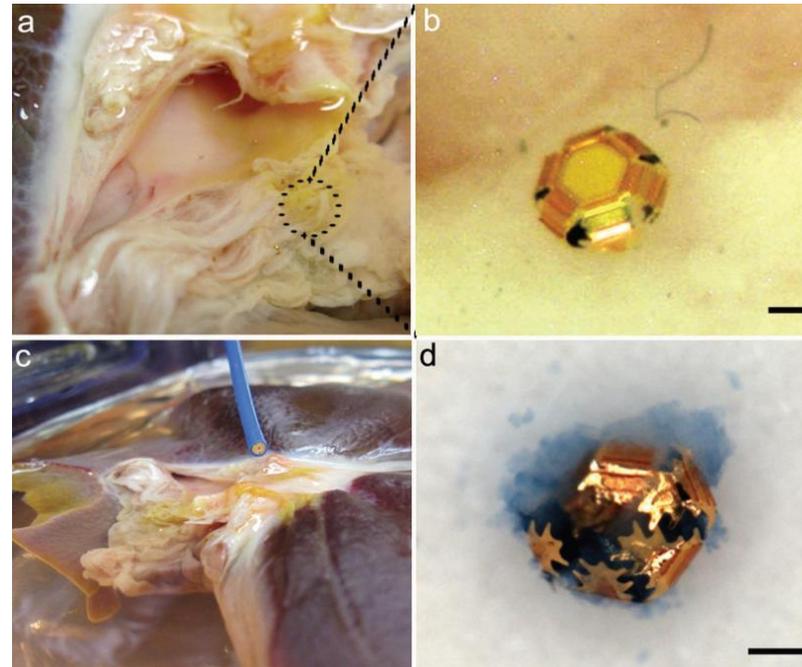
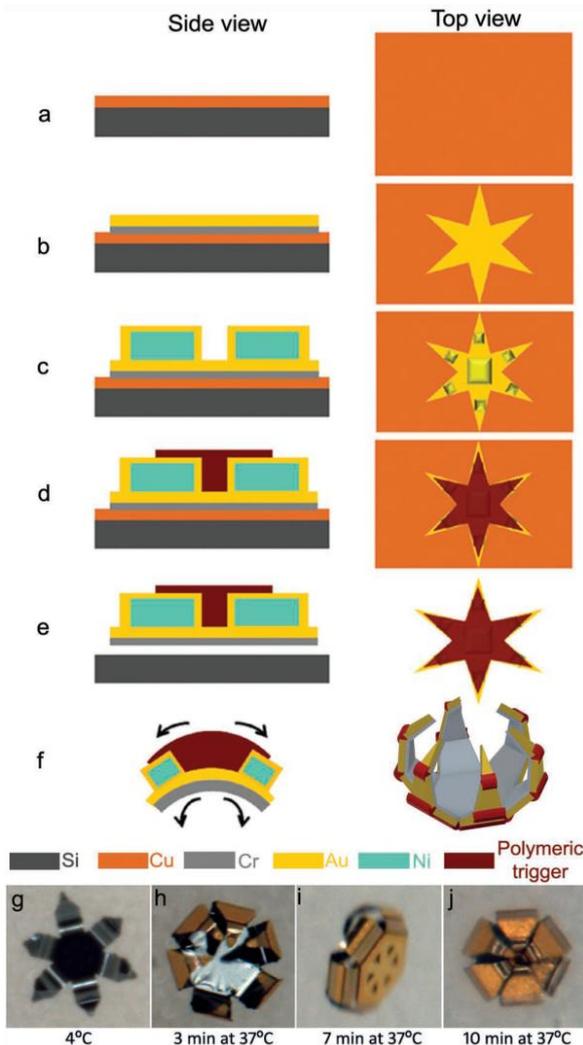


- 10 volte più piccole di una pinza tradizionale
- guidate con un campo magnetico
- attivazione dopo 10 min di esposizione a temperatura corporea

(Gulpepe et al., 2013)

Applicazioni biomediche (5/5)

- Micro-pinze per la biopsia



Due esperimenti:

- ex vivo su un fegato di maiale
- in vivo per il recupero di tessuto da un albero biliare suino

(Gulpepe et al., 2013)

Auto-assemblaggio

L'**auto-assemblaggio** è un processo mediante il quale un insieme di parti disordinate si riconfigura in una struttura ordinata, unicamente attraverso interazioni locali

La progettazione di **strutture intelligenti auto-assemblanti** richiede quattro aspetti fondamentali:

- semplici sequenze di assemblaggio
- parti programmabili
- forza di attivazione
- correzione dell'errore



(Tibbits, 2012)

Stampa 4D

Una nuova tecnica di fabbricazione che parte dalla stampa 3D multimateriale e vi aggiunge una nuova capacità: **la trasformazione nel tempo**

Tre aspetti fondamentali:

- strumento
- materiale
- programma geometrico

Vantaggi

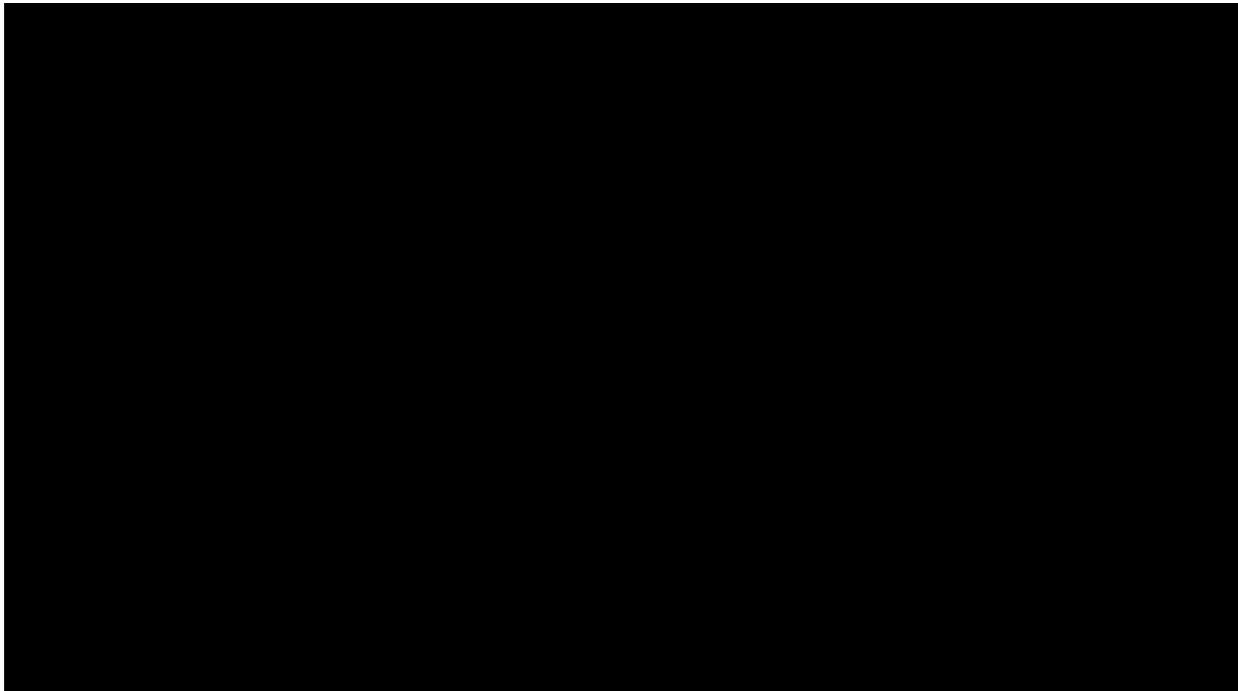
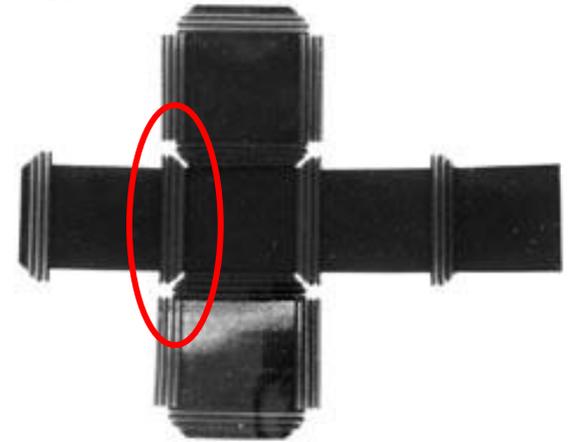
- auto-assemblaggio in ambienti complessi (acqua, aria, spazio ecc)
- non richiede componenti elettroniche complesse, sensori o attuatori, diminuisce il peso totale e minimizza i meccanismi soggetti a guasti
- campo industriale (piegatura del legno, produzione tessile ecc)
- strumenti didattici concreti per i fenomeni scientifici non intuitivi

(Tibbits,2014)

Esempio: auto-piegatura

- **Cubo 3D**

Giunzioni con materiali attivi e rigidi stampati opportunamente per avere un angolo limitatore di 90°



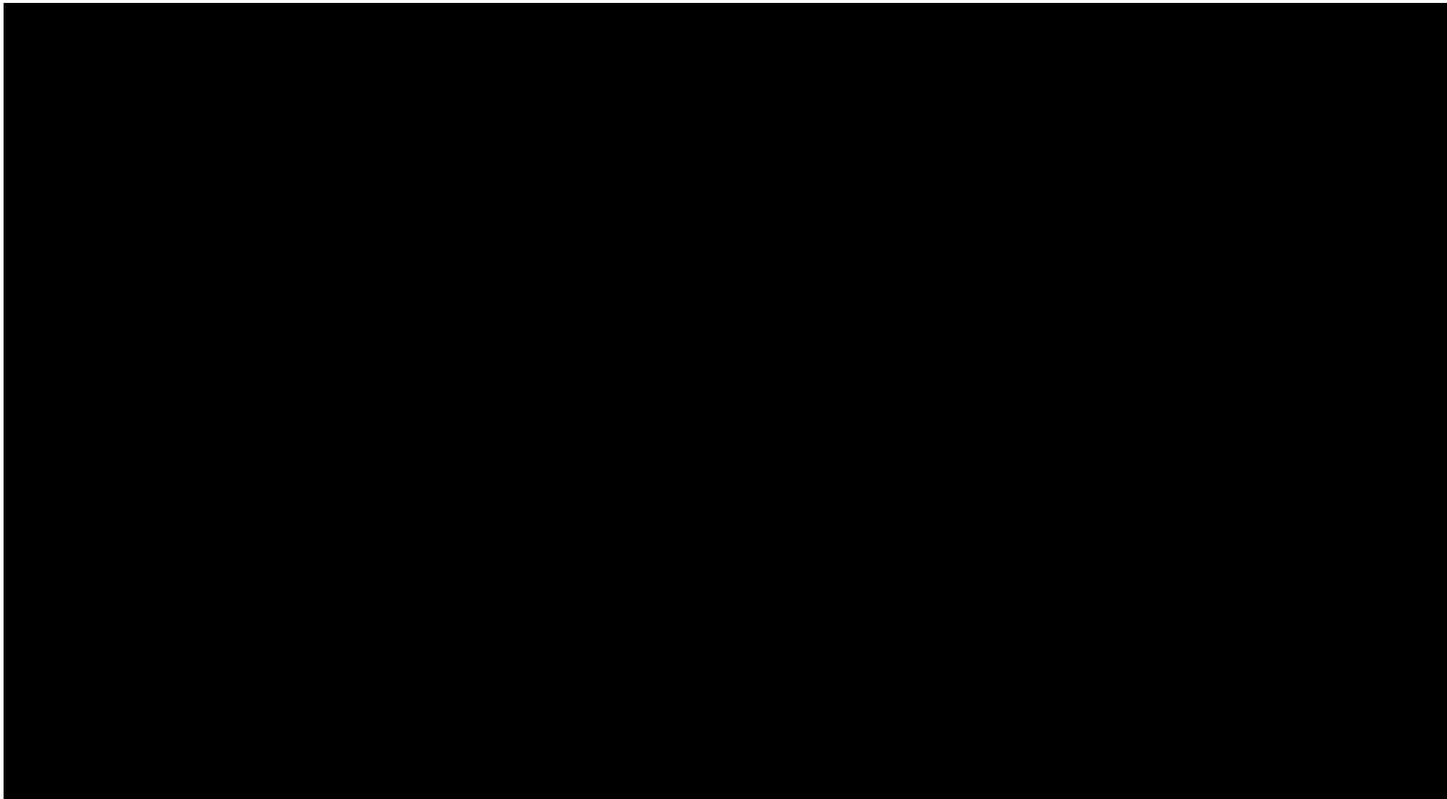
(Tibbits,2014)

Esempio: auto-assemblaggio

- Sedia auto-assemblata

Componenti uniche e con una posizione precisa nella struttura finale, rilasciate in un contenitore di acqua turbolenta.

Auto-assemblaggio concluso dopo 7 ore.



(Tibbits,2014)

Sviluppi futuri

In campo biomedico, gli oggetti potranno **adattarsi alle esigenze degli utenti**, mediante informazioni biometriche, temperatura corporea, sudore e pressioni interne

I prodotti potranno **modificarsi a seconda dell'ambiente circostante**, ad esempio in base all'umidità, alla temperatura, alla pressione, all'altitudine o al suono

Gli oggetti avranno la possibilità di **auto-ripararsi e auto-smontarsi per essere riciclati**

The background of the slide features a large, faint, circular seal of the University of Turin. The seal contains a central figure holding a staff, with a crown above and a banner below. The banner reads "ALMA MATER UNIVERSITAS". Below the figure are several books and a quill pen. The entire seal is enclosed in a decorative border.

Grazie per l'attenzione