

ICS_Materials: materiali interattivi, connessi e smart

Valentina Rognoli *valentina.rognoli@polimi.it*

Marinella Ferrara *marinella.ferrara@polimi.it*

Venanzio Arquilla *venanzio.arquilla@polimi.it*

Politecnico di Milano, Dipartimento di Design

Nel panorama del design contemporaneo ci si confronta sempre più spesso con esigenze progettuali fortemente condizionate dal sistema tecnologico caratterizzato dall'ubiquità e dalla connettività degli artefatti del quotidiano che danno vita a sistemi sempre più Intelligenti, Connessi e Smart. I designer sono chiamati a immaginare nuove esperienze materiche, progettando dispositivi comunicanti e interattivi che saranno i futuri oggetti quotidiani. L'articolo ha lo scopo di introdurre la definizione di *ICS Materials* proponendo una iniziale classificazione di casi studio e di raccontare come sia ormai evidente il progressivo passaggio verso una dimensione sempre più interattiva, connessa e smart dei materiali, prodotti e servizi di design.

Esperienza materica, Interazione, Computazione ubiqua, Materiali intelligenti, Oggetti intelligenti

In the panorama of contemporary design increasingly we deal with design requirements strongly determined by the technological system that is asking the ubiquity and connectivity of the everyday objects. This situation requires the development of more Intelligent, Connected and Smart systems. In daily life the designers need to imagine new materials experiences contributing to create communicative and interactive devices that will be the future everyday objects. This article aims to introduce to the community the definition of *ICS Materials* proposing an early classification of cases study and to tell about the gradual transition towards a more interactive, connected and smart dimension of materials, objects and services.

Materials experience, Interaction, Ubiquitous computing, Smart materials, Smart objects

V. Rognoli Orcid id: 0000-0001-7382-1211

M. Ferrara Orcid id: 0000-0002-4099-3137

V. Arquilla Orcid id: 0000-0003-1626-0221

ISSN 2531-9477 [online], ISBN 978-88-940517-5-9 [print]

Nel panorama del design contemporaneo ci si confronta sempre più spesso con esigenze progettuali fortemente condizionate dal sistema tecnologico caratterizzato dall'ubiquità e dalla connettività degli artefatti del quotidiano che danno vita a sistemi sempre più Intelligenti, Connessi e Smart. I designer sono chiamati a immaginare nuove esperienze materiche nella vita quotidiana, attraverso dispositivi comunicanti e interattivi che saranno i futuri oggetti quotidiani (Giaccardi, 2015). Anche la multidisciplinare comunità della *Human Computer Interaction* o HCI [1], dopo aver proiettato la ricerca verso la dematerializzazione delle tecnologie, sta riportando l'attenzione sul valore da attribuire al coinvolgimento sensorio/percettivo con la materia fisica (Fernaes & Sundstrom, 2012), promuovendo il ruolo dei materiali come lente – *material lens* (Wiberg, 2014) – attraverso la quale guardare alle future dinamiche dell'interazione. Con tali premesse, l'articolo ha lo scopo di introdurre la definizione di *ICS Materials* e di evidenziare il progressivo passaggio verso una dimensione sempre più interattiva, connessa e smart dei materiali, degli oggetti e dei sistemi prodotto/servizi.

Il contesto

I materiali per il design oggi possono essere indagati considerando una doppia prospettiva.

Da una parte si trova la ricerca design-led in generale, e dei “materiali per il design” in particolare, che sulla spinta degli avanzamenti della nanotecnologia e della comparsa degli *smart materials*, si sta aprendo alla dimensione computazionale dei materiali e usa i suoi consolidati strumenti per indagarla; dall'altra c'è la ricerca nella HCI, che prende invece coscienza della dimensione materica dell'interazione come veicolo per creare un'esperienza significativa per l'utente.

I materiali per il design dal 1986 (Manzini, 1986) a oggi hanno sempre più acquisito una loro dimensione progettuale fino ad arrivare negli ultimi dieci/quindici anni a essere considerati i protagonisti del progetto. In letteratura si trovano numerosi studi finalizzati a indagare a livello multidisciplinare i molteplici punti di vista dei materiali per il design: i materiali e le tecnologie nella storia del progetto (Bosoni & De Giorgi, 1983; Rognoli & Levi, 2005; Bosoni & Ferrara, 2014;), la dimensione espressivo-sensoriale (Karana et al., 2008; Rognoli & Levi, 2011), i materiali intelligenti e avanzati (Ritter, 2006; Ferrara & Bengisu, 2013), i materiali sostenibili (Vezzoli, 2014; Ashby, 2015; Karana et al., 2017), i materiali naturali (Catucci et al., 2015; Karana et al., 2014) e imperfetti (Rognoli et al., 2014; Parisi &



Rognoli, 2016), i materiali DIY (Rognoli et al., 2015; Ayala et al., 2016), l'approccio biomimetico ai materiali (Salvia et al., 2011; Santulli et al., 2012), i materiali nella didattica del design (Ferrara & Lucibello, 2012; Pedgley et al., 2015), le metodologie del design per l'innovazione dei materiali (Ashby & Johnson, 2009; Karana et al., 2015a; Ferrara & Lecce, 2016), sono tra i temi più importanti.

Nel contesto internazionale la ricerca sui materiali per il design si è recentemente focalizzata sul concetto di *Material Experience*, definita come l'esperienza che un utente ha grazie ai materiali di cui sono fatti gli artefatti con cui entra in relazione (Karana et al., 2014). La nostra esperienza con gli oggetti è infatti mediata anche da quell'insieme di *experiential qualities* che il progettista deve essere in grado di progettare per riuscire a creare interazioni significative tra l'artefatto e l'utente (Karana et al., 2015b). Il designer deve avere coscienza del valore dei materiali nella *user experience* e diventare abile a progettare, dosando sensorialità, emotività e significazione. Questo concetto è stato da poco utilizzato anche dalla comunità dell'HCI. Infatti, i fenomeni contemporanei come la *ubiquitous computing*, l'architettura interattiva, l'*internet of things* e i *tangible bits*, hanno portato la comunità scientifica della HCI a riconoscere il ruolo dei materiali nelle dinamiche dell'interazione e nella creazione dell'esperienza dell'utente (Giaccardi & Karana, 2015).

Da qualche anno si parla di *material turn* (Robles & Wiberg, 2010) e *material move* (Fernaes & Sundstrom,

2012), ossia della necessità di portare in primo piano la dimensione materica dell'interazione e le qualità con cui si dà forma agli artefatti interattivi. La computazione è riesaminata in termini "materici" consentendo l'attivazione di proprietà e qualità fisiche e sensorie in grado di favorire nuove opportunità d'interazione ed esperienza, secondo il suggerimento di Dearden (2006) che, seguendo l'intuizione di Schön (1983), invita a sviluppare la progettazione nell'ambito della HCI come una "conversazione con i materiali".

La conversazione con i materiali

Nel campo del design, fino a qualche tempo fa, siamo stati portati a considerare i materiali come entità fisiche e stabili, nelle quali l'informazione digitale non può essere compresa (Belenguer et al., 2012). Ma la conoscenza approfondita della materia e dei suoi comportamenti alla scala nanometrica, acquisita negli ultimi 60 anni grazie all'applicazione del calcolo computazionale alla scienza dei materiali, ha portato a riconoscere che la materia può essere variabile e cangiante, ambivalente tra essenza tangibile e intangibile (Ferrara & Bengisu, 2013, pp. 4-5). Il confine tra la fisicità e il comportamento digitale, tra atomi e bit, diviene sempre più sfocato come molti autori e progettisti hanno sottolineato (Robles & Wiberg, 2011; Kwon et al., 2014). La fusione tra la dimensione fisica e quella digitale modifica l'esplorazione della materialità stimolando la ricerca e lo sviluppo di soluzioni innovative sia nel campo del *product design*, che in quello dell'HCI. I diversi ambiti del progetto sono così investiti da nuove visioni progettuali fatte di *tangible interfaces* in cui la materialità diviene espressione del digitale, i cui protagonisti sono i materiali *smart*, i sistemi e i network di sensori e attuatori che "aumentano" le performance dei materiali convenzionali cambiando la loro stessa essenza.

ICS Materials

Sulla base dell'analisi di precedenti studi e di pratiche progettuali che propongono una dinamica di interazione interessante, cioè dotata di sensorialità, emotività e significazione, noi proponiamo la definizione di ICS materials per identificare quei materiali che, operando nuove e complesse funzioni, sono in grado di garantire un'esperienza materica interattiva (o di interazione) e connettiva (o di connessione), contribuendo alla concretizzazione di prodotti e servizi intelligenti in grado di abilitare *Sensing*, *Processing* e *Communications*. La caratteristica che distingue questi materiali dai materiali comuni è in sostanza la loro capacità di *sentire* e *reagire*, raccogliendo informazio-

ni dall'uso e dall'ambiente in cui si trovano e attivando, di conseguenza, specifici comportamenti che garantiscano una specifica e migliorata interazione. Gli ICS materials sono quindi entità composite dove si possono integrare in maniera qualitativa "intelligenza artificiale" e "matericità". Sui materiali funzionali avanzati è stato scritto molto. Questi sono anche definiti "smart materials" con queste specifiche, tra le tante: materiali con la capacità di svolgere funzioni di tipo superiore (Addington & Schodek, 2005); materiali che rispondono in maniera interessante a uno stimolo esterno, sensibili più che intelligenti (Shahinpoor & Schneider, 2008); materiali intelligenti, sensibili e interattivi (Cardillo & Ferrara, 2008, p. 8); *becoming materials*, cioè materiali che incorporando proprietà mutevoli sono in grado di trasformare la loro espressione e abilitare una vasta gamma di performance in un processo di continua negoziazione con uno specifico contesto (Bergstrom et al., 2010).

Considerando singolarmente i significati degli aggettivi utilizzati per la definizione di ICS materials, insieme ai concetti che sottendono, possiamo anche dire che sono materiali che presentano e garantiscono:

- la reciprocità di azione e reazione con utente e ambiente;
- la variabilità delle proprietà, nel senso che l'effetto della reazione causata dallo stimolo è reversibile e contestuale;
- la possibilità di essere programmati o combinati (via software ma non solo);
- la possibilità di connettersi per trasferire e/o ricevere dati (in rete e non).

Tutti comportamenti che il design può associare a complesse funzioni da svolgere.

Considerando la loro definizione, i concetti di Interattivo e Connesso sono ampiamente chiari, la logica di Smart nel nostro caso, pur integrando questi concetti ci permette di superarli perché, come definito anche dal Cambridge Dictionary [2], oltre ai classici concetti di stile, intelligenza, velocità presenta la dimensione del "working by computer", ovvero di qualcosa di programmato o programmabile, che ben si associa alla nostra visione dell'evoluzione che stanno prendendo i materiali.

Quindi, oltre a presentare queste caratteristiche in maniera isolata o congiunta, gli ICS materials sono combinazioni di diversi materiali. Non sono per forza singoli materiali che integrano tutte queste caratteristiche ma, come vedremo nelle categorizzazioni successive, sono quei materiali (esistenti o nuovi) in grado di assolvere, migliorandola e rendendola tangibile, una forma di interazione complessa.



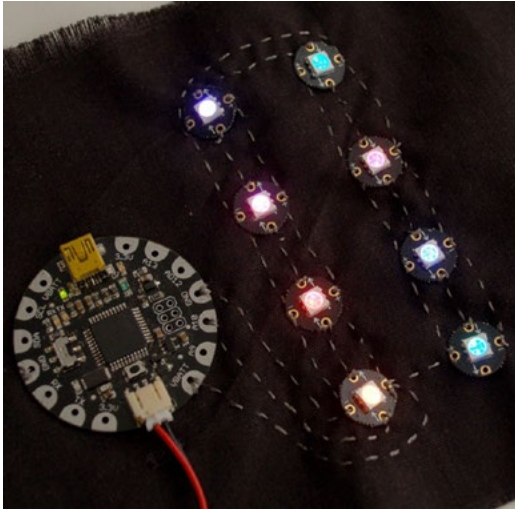
02a-02b

Gli ICS materials sono capaci di aprirsi a diverse interpretazioni da parte di utenti e soprattutto dei designer. In questo senso i designer, con competenze ampie, potranno utilizzare, interpretare, valorizzare e amplificare le singole caratteristiche di materiali e tecnologie in funzione dell'applicazione e/o dell'interazione immaginata.

Per meglio inquadrare il fenomeno, con intento esemplificativo a supporto di questo primo tentativo di definizione di ICS Materials, proponiamo un'iniziale classificazione in tre categorie, con relativi esempi: Basic Smart Materials, Micro Devices e Augmented Materials.

Le categorie proposte presentano una prima decostruzione delle entità che gli ICS costituiscono al fine di analiz-

02a-02b
Van Gogh
Path di Daan
Roosegaarde.
© Daan
Roosegaarde
Studio. Joint
venture of Studio
Roosegaarde and
Heijmans N.V.
with the support
of the Province
of Brabant,
the cities of
Eindhoven and
Oss, and BKKC



Piattaforma elettronica FLORA di Adafruit. FLORA è un microcontroller compatibile con Arduino progettato per consentire ai progettisti di realizzare facilmente dei dispositivi indossabili. ©Adafruit industries

zarne con complessità crescente la disponibilità e gli usi correnti spesso generati da una visione deduttiva e sperimentale di alcuni designer, oltre che esperti di materiali.

Basic Smart Materials

Il comportamento interattivo e intelligente degli ICS Materials è dovuto all'applicazione di quelle che si possono chiamare entità base, sostanze che stanno all'origine del comportamento *smart* e che rappresentano gli elementi essenziali per una struttura intelligente. Tra questi si annoverano ossidi metallici e polimeri in forma di polveri sottili che agiscono da sensori (il titanato di bario (BaTiO_3) con proprietà ferroelettriche; il niobato di Litio (LiNbO_3) che funge da sensore di onde acustiche; il solfuro e il tellururo di cadmio (CdS e CdTe) che fungono da segnalatori di luce, i superconduttori ad alta temperatura critica, e tanti altri), soluzioni fluide come inchiostri e miscele oleose in grado di variare la propria densità; metalli in forma di film e fili che reagiscono agli stimoli con un comportamento dinamico (es. il germanio che assorbe i fotoni e genera corrente elettrica ed è alla base dei pannelli solari), solo per citarne alcuni [3] [fig. 01].

I *Basic Smart Materials* derivano dalla capacità dell'uomo di comprendere il funzionamento della materia a scala molecolare e di manipolarla con le nanotecnologie. Sono infatti materiali miniaturizzati, di grana minuscola, dimensioni e spessori nell'ordine dei micron e del nano. Pur essendo importanti elementi del funzionamento degli og-

getti *smart*, sono entità quasi invisibili quando riportate alla scala sensoriale e percettiva umana.

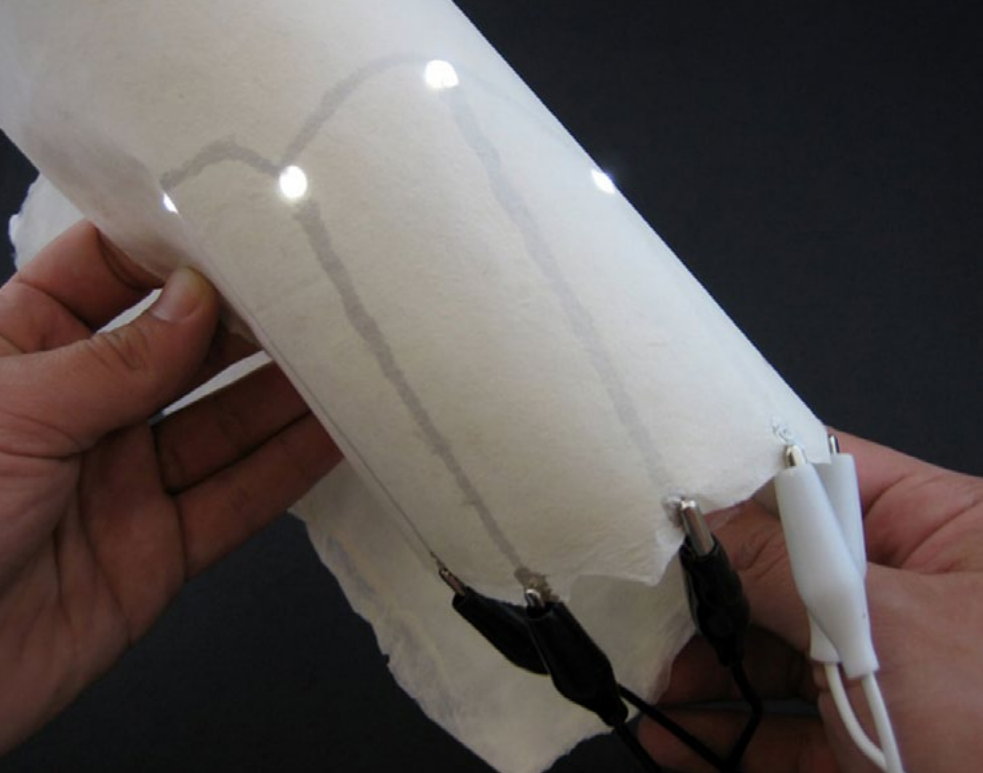
Combinazioni semplici di Basic Smart Materials e materiali comuni, come quelle prima esposte, possono essere assimilate alla definizione di Basic Smart Materials. Tali combinazioni garantiscono un comportamento interattivo apprezzabile, seppur questo sia molto basilico e privo di connettività [4] [fig. 2a] [fig. 2b].

Micro Devices

Sono combinazioni di *basic smart materials* e altri materiali composti e/o componenti tecnologiche in strutture mediamente complesse, per svolgere un determinato compito e garantire un determinato comportamento. Tra questi: transistor, microchip, micro controller wireless, device RFID, sistemi radio per la connessione, e altri dispositivi microelettronici che integrano trasduttori a ultrasuoni con componenti elettronici per l'elaborazione dati su singoli chip di silicio. Se ne trovano in varie forme da connettere in micro e nano-sistemi con capacità di calcolo, ricezione, trasformazione e trasmissione di dati. I *Micro Devices* fino ad oggi non sono stati progettati per garantire un'interazione sensoriale diretta per l'utente. Hanno la forma di piccole scatole di varie forme, e sono inglobati all'interno di *cases* (black boxes) e spesso nascosti alla vista. Solo di recente grazie ai nuovi processi di *ad-*



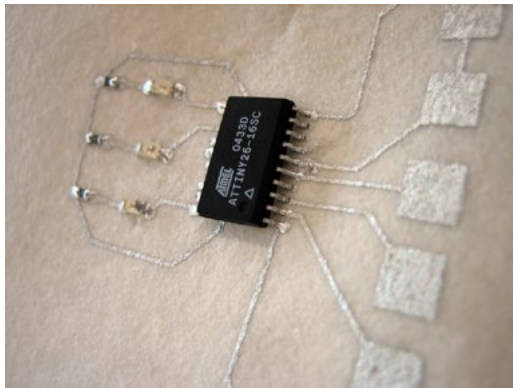
03b



04a

ditive manufacturing che integrano diversi materiali per la produzione di circuiti e componenti microelettronici flessibili, la dimensione interattiva dell'utente diventa interessante elemento di ri-progettazione dei *Micro Devices*. Rientra in questo ambito tutta la ricerca su PCB tessili e integrate dove la caratteristica distintiva sta nell'esistenza di una connessione tra oggetti, oggetti e utenti e poten-

04b



04a-04b
Pulp-Based
Computing di
Marcelo Coelho.
Un progetto di
struttura per
costruire un
computer di carta

zialmente oggetti, utenti e rete (cloud), questa connessione necessita di energia che può essere generata, nel caso di prodotti piezoelettrici ad esempio, o utilizzata, laddove esistono batterie o simili. In questo senso i *Micro Devices* stanno evolvendo migliorando proprio il consumo e la produzione di energia che ne garantisce la funzione, tra le categorie presentate sono quelle più funzionali [5] [fig. 3a] [fig. 3b].

Augmented Materials

I materiali aumentati possono definirsi come una combinazione di *Basic Smart Materials*, *Micro Devices* e un qualsiasi altro materiale avente funzione di supporto adeguato alla manipolazione umana che così combinato acquisisce prestazioni uniche.

Molti autori definiscono gli *augmented materials* come una nuova categoria di materiali con proprietà fisiche e computazionali progettabili: «The hypothesis of augmented materials is that physically embedded networks of distributed sensors and actuators can be systematically programmed to augment the behaviour of synthetic materials» (Razzeque et al., 2013). Nel nostro caso oltre agli aspetti funzionali e prestazionali gli ICS Materials dovrebbero integrare la dimensione emotiva, sensoriale ed esperienziale. In questo senso solo alcune sperimentazioni a nostro avviso risultano interessanti ovvero quelle che definiscono nuovi sistemi multilayer e che spesso stanno a contatto con la pelle ed hanno una matrice artigianale con un ruolo esplicito dei designer: esempio la realizzazione di gioielli interattivi (Tsaknaki et al., 2014); il tessuto *soft hardware* di Fernaeus et al. (2012); i materiali ceramici con sembianze digitali (Wang et al., 2016); gli espansi che acquistano proprietà dinamiche (Minuto et al., 2014; Minuto & Nijholt, 2013)

Di particolare interesse sono le sperimentazioni del designer e ricercatore Marcelo Coelho sui tessuti di carta sensoriali (Coelho et al., 2009) dove lo sforzo è stato quello di integrare nativamente il layer digitale con quello analogico generando una nuova fisicità [6] [fig 4a] [fig. 4b].

Conclusioni

L'articolo ha introdotto una prima definizione di ICS Materials e ha descritto il contesto progettuale contemporaneo come caratterizzato da un evidente e progressivo passaggio verso una dimensione sempre più interattiva, connessa e smart dei materiali, dei prodotti e servizi di design.

Le categorie individuate, così come il primo tentativo di definizione, saranno oggetto di ulteriori studi e approfondimenti per creare una classificazione più ricca e

utile alla strutturazione di linee guida per i designer che vorranno e dovranno confrontarsi con la nuova realtà della progettazione.

Le enormi opportunità che le tecnologie smart offrono, esplicando nuove e complesse funzioni, dovranno sempre più essere assunte dai designer come un'enorme potenzialità per la definizione di nuovi significati ed espressioni estetiche.

Questo articolo vuole essere un invito rivolto a ricercatori e progettisti a esplorare nuove espressioni materiche alla ricerca di esperienze sensoriali gratificanti ed esperienze estetiche più ricche di interazione, avvicinando e ibridando il design con l'intelligenza artificiale, l'analogico con il digitale, i materiali tradizionali con le tecnologie di computazione. Il focus sugli ICS Materials può aiutare alla comprensione degli strumenti a nostra disposizione e dimostrare come la dimensione del design contemporaneo debba superare le logiche di progetto tradizionali, immaginando e mettendo in pratica forme interattive complesse per un futuro dove Interattivo, Connesso e Smart possa e debba voler dire anche prodotti e servizi che abbiano un rinnovato senso ed una qualità interattiva evoluta, che superi le attuali logiche sperimentali (spesso da *bricoleur* o DIY), raggiungendo la maturità grazie al contributo del design.

NOTE

[1] Si veda la definizione in: https://en.wikipedia.org/wiki/Human%E2%80%93computer_interaction [15 dicembre 2016]

[2] <http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/smart> - In sintesi qualcosa o qualcuno *Stylish, Intelligent, or able to think quickly or intelligently in difficult situations; quick, done quickly with a lot of force or effort*; "Working by computer": *A smart machine, weapon, etc. uses computers to make it work so that it is able to act in an independent way.* [15 dicembre 2016]

[3] <http://smarttextiles.se/en/linda-worbin/> [15 dicembre 2016]

[4] <https://www.studioroosegaard.net/project/van-gogh-path/> [15 dicembre 2016]

[5] <https://www.adafruit.com/product/659> [15 dicembre 2016]

[6] <https://www.cmarcelo.com/pulp-based-computing/> [15 dicembre 2016]

REFERENCES

- Bosoni Giampiero, De Giorgi Mauro (a cura di), "Il disegno dei materiali industriali", *Rassegna*, n. 4/2, anno V, Bologna, **1983**, p. 117.
- Schön Donald, *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*, London, Ashgate, **1983**, pp. 384.
- Manzini Ezio, *La materia dell'invenzione*, Milano, Arcadia, **1986**, pp. 256.
- Ashby Michael F., Johnson Kara, *Materials and Design. The Art and Science of Material Selection in Product Design*, Oxford, Butterworth-Heinemann Ltd, **2002**, pp. 352.
- Addington Michelle, Schodek Daniel, *Smart Materials and New Technologies For the architecture and design professions*, Oxford, Elsevier, Architectural Press, **2005**, pp. 241.
- Rognoli Valentina, Levi Marinella, *Materiali per il design: espressività e sensorialità*, Milano, Polipress, **2005**, pp. 180.
- Dearden Andy, "Design as conversation with digital materials", *Design Studies*, n. 27 (3), **2006**, pp. 225-422.
- Ritter Alex, *Smart Materials in Architecture, Interior Architecture and Design: Types, Products, Architecture*, Basel, Birkhäuser GmbH, **2006**, pp. 191.
- Cardillo Marco, Ferrara Marinella, *Materiali intelligenti, sensibili, interattivi. 02 materiali per il design*, Milano, Lupetti editori di comunicazione, **2008**, pp. 216.
- Karana Elvin, Hekkert Paul, Kandachar Prabu, "Material considerations in product design: A survey on crucial material aspects used by product designers", *Materials and Design*, n. 6, vol.29, **2008**, pp. 1081-1089.
- Shahinpoor Mohsen, Schneider Hans-Jorg, *Intelligent materials*, Londra, RSC publishing, **2008**, pp. 522.
- Coelho Marcelo, Hall Lyndl, Berzowska Joanna, Maes Pattie, "Pulp-based computing: a framework for building computers out of paper", pp. 3527-3528, in *Proceedings of CHI '09* (Conference on Human Factors in Computing Systems). ACM, New York, NY, USA, **2009**, pp. 4830.
- Bergström Jenny, Clark Brendon, Frigo Alberto, Mazé Ramia, Redström Johan, and Vallgård Anna, "Becoming Materials: Material forms and forms of practice", *Digital Creativity*, n. 21 (3), **2010**, pp. 155-172.
- Robles Erica, Wiberg Mikael, "Texturing the "material turn" in interaction design", pp. 137-144, in *Proceedings of TEI '10* (The fourth international conference on Tangible, embedded, and embodied interaction), Cambridge, MA, USA, **2010**, pp. 396.
- Robles Erica, Wiberg Mikael, "From materials to materiality: thinking of computation from within an Icehotel", *interactions*, n.18, January **2011**, pp. 32-37.
- Rognoli Valentina, Levi Marinella, *Il senso dei materiali per il design*, Milano, Franco Angeli, **2011**, pp. 271.
- Salvia Giuseppe, Rognoli Valentina, Levi Marinella, *Il Progetto della Natura. Gli strumenti della biomimesi per il design*, Milano, Franco Angeli, **2011**, pp. 297.
- Belenguer Jordi Solsona, Lundén Marcus, Laaksohlati Jarmo, Sundström Petra, "Immaterial materials: designing with radio", pp. 205-212, in *Proceedings of TEI '12* (Sixth International Conference

on Tangible, Embedded and Embodied Interaction), Stephen N. Spencer (Ed.). ACM, New York, NY, USA, **2012**, pp. 406.

Fernaues Ylva, Sundstrom Petra, "The Material Move. How Materials matter in Interaction Design Research", pp. 486-495, in *Proceedings of DIS 2012* (Designing Interactive Systems Conference, Newcastle Upon Tyne, UK, 06/2012) **2012**, pp. 817.

Fernaues Ylva, Vallgård Anna, Tharakan Mili John, Lundström Anders, "*Touch and feel soft hardware*", pp. 359-362, in *Proceedings of TEI' 12* (The Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction), Stephen N. Spencer (Ed.). ACM, New York, NY, USA, **2012**, pp. 406.

Ferrara Marinella, Lucibello Sabrina, "Teaching material design. Research on teaching methodology about materials in industrial design", *Strategic Design Research Journal*, n. 2, **2012**, pp. 75-83.

Santulli Carlo, Milani Luigi, *Biomimetica: la lezione della natura*, Padova, CiEsse Edizioni, **2012**, pp. 128.

Ferrara Marinella, Bengisu Murat, *Materials that Change Color. Smart Materials, Intelligent Design*, Milano, Politecnico di Milano, Springer, **2013**, pp. 136.

Minuto Andrea, Nijholt Anton, "Smart material interfaces as a methodology for interaction: a survey of SMLs' state of the art and development", pp.1-6, in *Proceedings of the second international workshop on Smart material interfaces: another step to a material future*. ACM, New York, NY, USA, **2013**, pp. 26.

Razzaque Mohammad Abdur, Dobson Simon, Delaney Kieran, "Augmented materials: spatially embodied sensor networks", *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, n. 4, vol. 11, **2013**, pp. 347-477.

Bosoni Giampiero, Ferrara Marinella (a cura di), "Italian Material Design: imparando dalla storia", in *AIS/Design Storia e Ricerche* n. 4, **2014** [<http://www.aisdesign.org/aisd/archivio-aisdesign-storia-e-ricerche#ser4>]

Minuto Andrea, Pittarello Fabio, Nijholt Anton, "New materials = new expressive powers: smart material interfaces and arts, an interactive experience made possible thanks to smart materials", pp.141-144, in *Proceedings of the 2014 International Working Conference on Advanced Visual Interfaces (AVI '14)*. ACM, New York, NY, USA, **2014**, pp. 420.

Karana Elvin, Pedgley Owan, Rognoli Valentina (a cura di) *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*, Oxford, UK Butterworth-Heinemann, **2014**, pp. 400.

Kwon Hyosun, Kim Hwan, Lee Woohun, "Intangibles wear materiality via material composition", *Personal Ubiquitous Computing*, n.18, **2014**, pp. 651-669

Rognoli Valentina, Karana Elvin, "Towards a New Materials Aesthetic Based on Imperfection and Graceful Ageing", pp. 145-154, in Karana Elvin, Pedgley Owan, Rognoli Valentina (a cura di) *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*, Oxford, UK Butterworth-Heinemann, **2014**, pp. 400.

Wiberg Mikael, "Methodology for materiality: interaction design research through a material lens", pp. 625-636, *Personal Ubiquitous Computing*, n.18, March **2014**.

Tsaknaki Vasiliki, Fernaeus Ylva, Schaub Mischa, "*Leather as a*

material for crafting interactive and physical artifacts”, pp. 5-14 in Proceedings of DIS’14 (the 2014 conference on Designing interactive systems). ACM, New York, NY, USA, **2014**, pp. 1082.

Vezzoli Carlo, “The Material Side of Design for Sustainability”, pp. 105-122, in Karana Elvin, Pedgley Owan, Rognoli Valentina (a cura di) *Materials Experience: Fundamentals of Materials and Design*, UK Butterworth-Heinemann, **2014**, pp. 400.

Ashby Michael, *Materials and Sustainable Development*, Butterworth-Heinemann, **2015**, pp. 328.

Catucci Stefano, Ferrara Marinella, Lucibello Sabrina, “Il ritorno dei materiali naturali: Nuove tendenze autarchiche”, *Ananke*, n. 76, **2015**, pp. 58-65.

Giaccardi Elisa, “Designing the Connected Everyday”, *Interaction*, n.12, January-February **2015**, pp. 27-31.

Giaccardi Elisa, Karana Elvin, “Foundations of materials experience: An approach for HCI”, pp. 2447-2456, in *Proceedings of CHI ’15* (the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems ACM), New York, NY, USA, **2015**, pp. 4236.

Karana Elvin, Barati Bahar, Rognoli Valentina, Zeeuw van der Laan Anuk, “Material Driven Design (MDD): A method to design for material experiences”, pp. 35-54, in *International Journal of Design*, 9(2), **2015**, (a).

Karana Elvin, Pedgley Owain, Rognoli Valentina, “On Materials Experience”, *Design Issues*, Summer (31, 3), **2015**, pp. 16-27.

Pedgley Owain, Rognoli Valentina, Karana Elvin, “Materials Experience as a Foundation for Materials and Design Education”, *International Journal of Technology and Design Education*, vol. 26, **2015**, pp. 613-630.

Rognoli Valentina, Bianchini Massimo, Maffei Stefano, Karana Elvin, “DIY Materials”, *Materials and Design*, n. 85, Virtual Special Issue on Emerging Materials Experience, **2015**, pp. 692-702.

Ayala Garcia Camilo, Parisi Stefano, Rognoli Valentina, “The emotional value of Do-it-yourself materials”, pp. 633-641, in *10th International Conference on Design & Emotion*, Amsterdam, **2016**, pp. 785.

Ferrara Marinella, Lecce Chiara, “The Design-driven Material Innovation Methodology”, pp. 431-448, in Proceedings of *IFDP’16 - Systems & Design Beyond Processes and Thinking*, Universitat Politècnica de València, 2016, pp. 1030.

Parisi Stefano, Rognoli Valentina, “Superfici imperfette”, *MD Journal*, n. 1, *Involucri Sensibili, Integumentary Design*, **2016**, pp.78-91.

Wang Yanan, Liu Shuai, Lu Yujia, Duan Jun, Yao Cheng, Ying Fangtian, “Designing with Concrete For Enhancing Everyday Interactions”, pp.1497-1502 in *Proceedings of the CHI’16* (Conference on Human Factors in Computing Systems). ACM, New York, NY, USA, **2016**, pp. 3912.

Karana Elvin, Rognoli Valentina, Giaccardi Elisa, “Materially Yours”, in Chapman Jonathan (a cura di), *Handbook on Sustainable Product Design*, UK, Routledge, **2017**, pp. 576. (in press)