



ASSOLOMBARDA
Confindustria Milano Monza e Brianza

Metodo per la Funzionalizzazione di Fibre Naturali o Sintetiche con Nanoparticelle d'Argento

Silver NANO Style: opportunità e sfide per applicazioni industriali

Speaker

Anna Facibeni

12 ottobre 2016



POLITECNICO MILANO 1863

POLITECNICO DI MILANO



Silver NANO Style: Opportunità e Sfide per Applicazioni Industriali

Anna Facibeni, Micro- and Nanostructured Materials Laboratory

Energy Department, Politecnico di Milano



1. Introduzione
 - I. Glossario
 - II. Linee Guida
 - III. Normativa
2. La nostra tecnologia
3. Partnership
4. Possibili applicazioni
5. Conclusioni



NANO si riferisce a **NANOTECNOLOGIA**
il prefisso significa molto, molto **PICCOLO**

Target
Nanotecnologie



controllo di reazioni



creare **nuovi** prodotti o processi



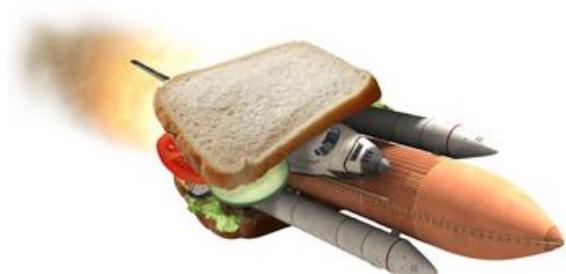
Quando si lavora
su scala
nanometrica le
normali proprietà
dei materiali
cambiano e
possono accadere
cose diverse...





Foglio di alluminio → Mantiene il tuo sandwich fresco sino all'ora di pranzo

Foglio di alluminio nanostrutturato → **ESPLOSIONE** con l'aria



Coppa di Lycurgus → particelle di oro e argento disperse nel vetro

Luce da dietro

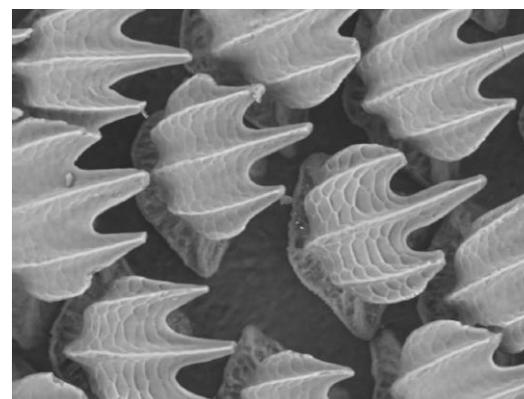
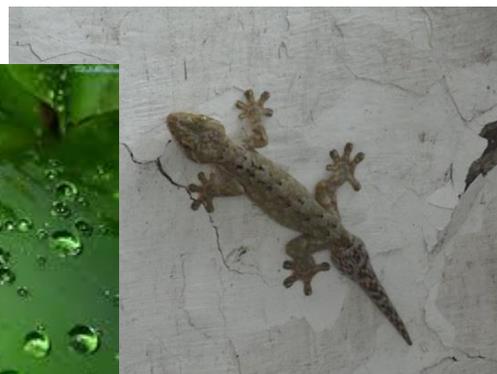


Luce frontale





Nanotecnologie: in **natura** prima che in laboratorio





Economic impact of nanotechnology

Market Size Predictions
(within a decade)*

- \$340B/yr Materials**
- \$300B/yr Electronics**
- \$180B/yr Pharmaceuticals**
- \$100B/yr Chemical manufacture**
- \$ 70B/yr Aerospace**
- \$ 20B/yr Tools**
- \$ 30B/yr Improved healthcare**
- \$ 45B/yr Sustainability**

\$1 Trillion per year by 2015

**Estimates by industry groups, source: NSF*





Nanoparticelle – particelle con almeno una dimensione inferiore a 100 nanometri.

Nanometro – un milionesimo di millimetro (nm).

Nanoscala – tutto ciò che è al livello di atomi e molecole, normalmente tra 1 e 100 nm.

Nanoeffetto – quando alla nanoscale molti materiali iniziano a comportarsi in modo diverso

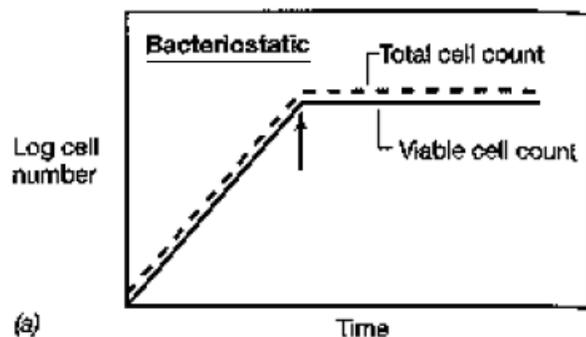
Nanomateriale – qualsiasi material costituito da costituenti nanometrici.

Rapporto Area Superficiale Volume – importante fattore per la reattività in reazioni chimiche, elevato per le nanoparticelle

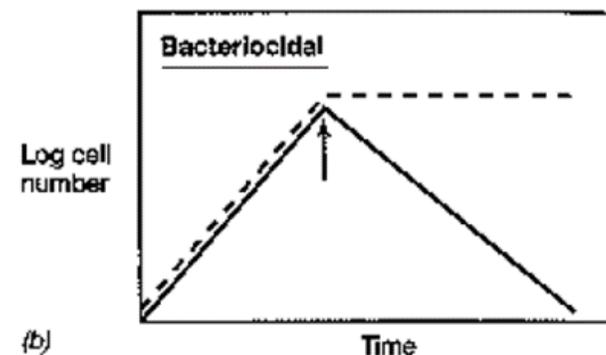


Antibatterici: agenti che sterminano i microorganismi o ne inibiscono la crescita.

Agente **batteriostatico** inibisce la crescita dei microorganismi

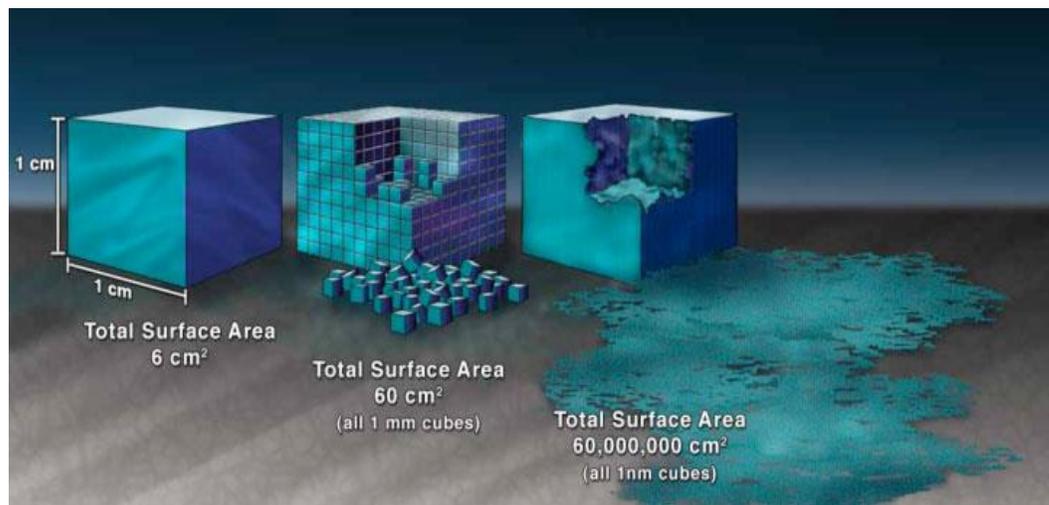


Agente **battericida** uccide i microorganismi

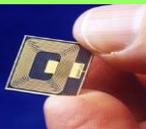




Crescita di Area Superficiale di Materiali Nanostrutturati



Attuali Applicazioni



COMPUTING
What nano can do for new technologies



ENVIRONMENT
The various impacts of nano on our environment



ENERGY
Nano power in our homes and business



COATINGS
A splash of nano-technology can improve our glaze



FOOD and DRINKS
A little taste of nano in what we eat and drink



PACKAGING
Wrapping things up in bundles of nanotechnology



COSMETICS AND SUNSCREENS
Creams and lotions with a touch of nano



MEDICAL
Feeling better with nano medicine and healthcare



Alcune compagnie utilizzano il termine **NANO** solo per indicare che il loro prodotto è piccolo e ad **alta tecnologia**.... anche se non lo è



Interazioni con il Corpo Umano

Assorbimento cutaneo, Inalazione
Effetti sul corpo / Effetti del corpo

Interazioni con l'Ambiente

Perdite accidentali, Scarichi, Riciclo

Sicurezza per Lavoratori e Pubblico

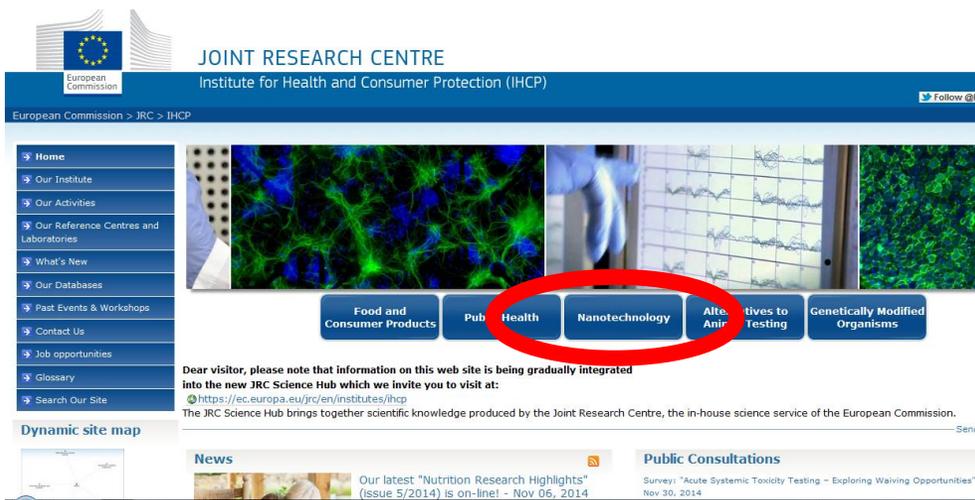
Protezione

Test appropriati

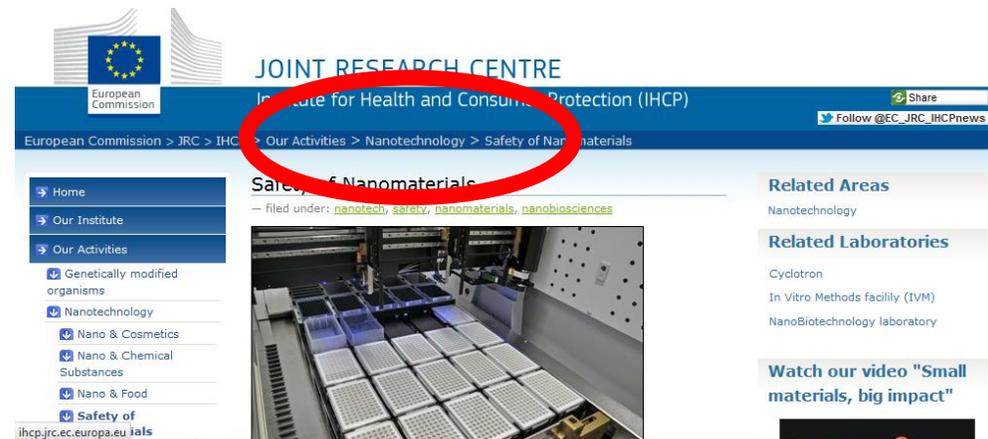




Il Joint Research Centre (JRC) è un servizio della Commissione Europea



Institute for Health and Consumer Protection (IHCP)



NANOhub





Perchè un **TESSILE ANTIBATTERICO**?

- **Riduzione** odori sgradevoli
- **Trattamento** infezioni o malattie
- **Protezione** fibre dalla corrosione

Caratteristiche Essenziali

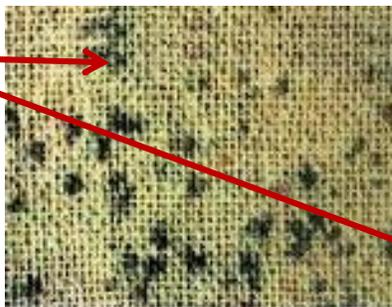
Ampio spettro di azione

Effetto non invasivo

Proprietà durature

Assenza di sostanze tossiche

muffa





Tessili antibatterici

Addizione di agenti antibatterici
prima dell'estrusione



Trattamenti antibatterici
post estrusione



(19)  (11)  EP 2 274 470 B1

(12) EUROPEAN PATENT SPECIFICATION

(45) Date of publication and mention of the grant of the patent: 31.08.2016 Bulletin 2016/35

(21) Application number: 09737842.6

(22) Date of filing: 23.04.2009

(51) Int Cl.:
D06M 13/12 (2006.01) *D06M 13/148* (2006.01)
D06M 13/224 (2006.01) *D06M 13/228* (2006.01)
D06M 11/42 (2006.01) *D06M 11/65* (2006.01)
D06M 11/83 (2006.01) *D06M 23/08* (2006.01)

(86) International application number: PCT/EP2009/002953

(87) International publication number: WO 2009/132798 (05.11.2009 Gazette 2009/45)

(54) METHOD OF MANUFACTURING NATURAL OR SYNTHETIC FIBRES CONTAINING SILVER NANO-PARTICLES
 VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG NATÜRLICHER ODER SYNTHETISCHER FASERN MIT SILBERNANOPARTIKELN
 PROCÉDÉ DE FABRICATION DE FIBRES NATURELLES OU SYNTHÉTIQUES CONTENANT DES NANOPARTICULES D ARGENT

(84) Designated Contracting States:
 AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

(30) Priority: 30.04.2008 IT MI20080792

(43) Date of publication of application: 19.01.2011 Bulletin 2011/03

(73) Proprietor: Politecnico di Milano 20133 Milano (IT)

(72) Inventors:
 • FACIBENI, Anna I-20133 Milano (IT)
 • BOTTANI, Carlo, Enrico I-20133 Milano (IT)

• DELLASEGA, David I-20133 Milano (IT)
 • DI FONZO, Fabio I-20133 Milano (IT)
 • BOGANA, Matteo, Paolo I-20133 Milano (IT)

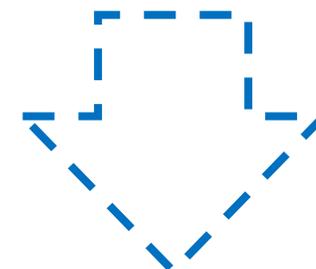
(74) Representative: Banfi, Paolo Bianchetti Bracco Minoja S.r.l. Via Plinio, 63 20129 Milano (IT)

(56) References cited:
 WO-A-03/080911 WO-A-2008/100163

Remarks:
 The file contains technical information submitted after the application was filed and not included in this specification



- Fibra nella **Soluzione di Argento**
- **Acido Ascorbico** come agente riducente
- Temperature max **30°C**
- Presenza of **Citrato Sodico**

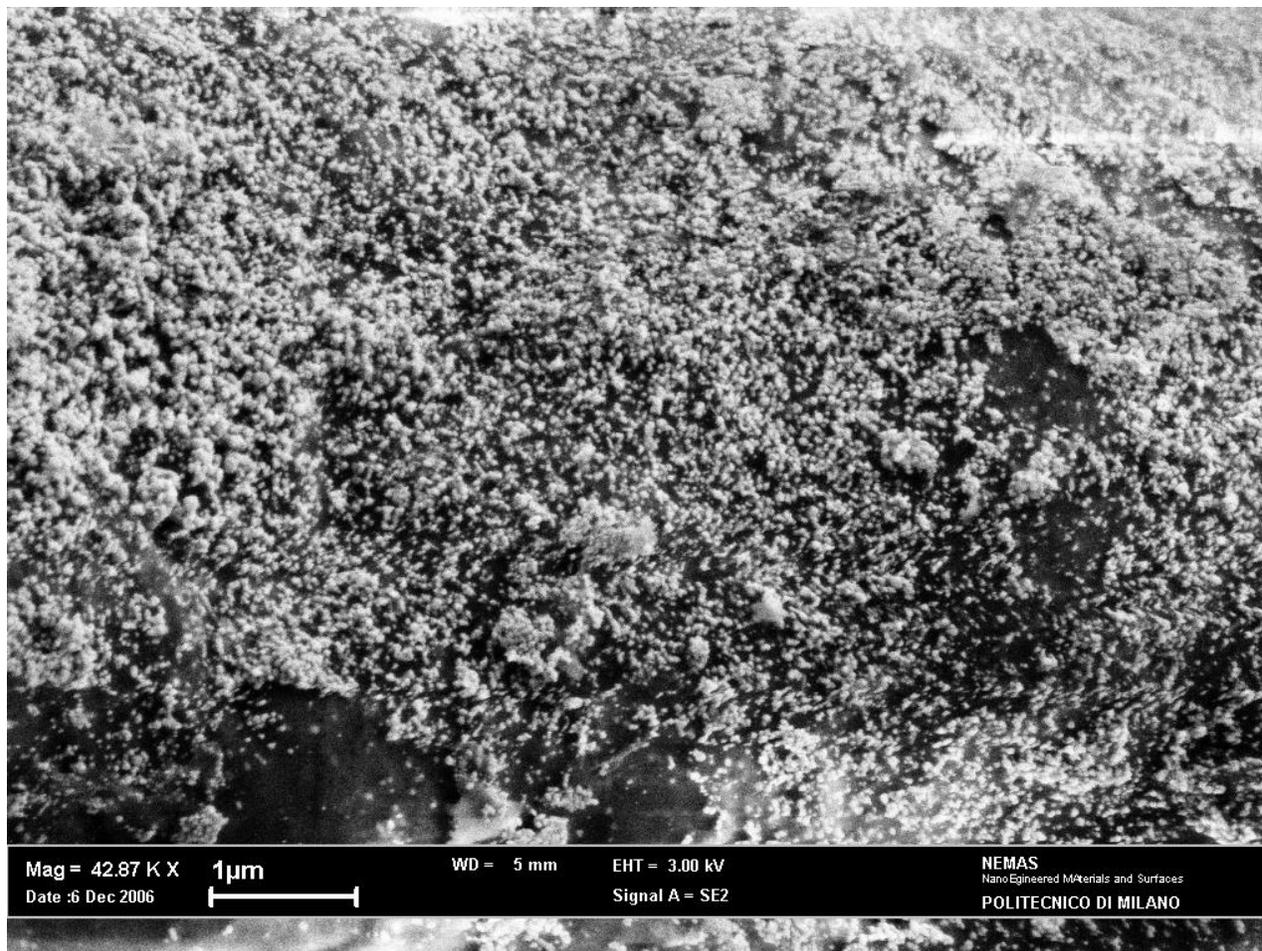


Fibra completamente ricoperta da Nanoparticelle di **Argento***

*AgNPs per brevità



Immagine al **Microscopio Elettronico a Scansione** di un filo di **Poliestere** trattato con la nostra tecnologia





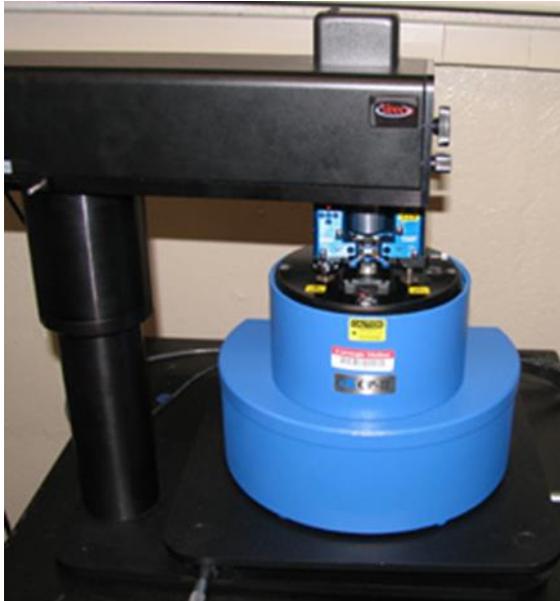
I **Punti di Forza** del metodo:

- Componente costoso Nitrato d'argento AgNO_3 in **Concentrazione molto basse** (10^{-3} M pari a 0,360 g/litro)
- Il riducente utilizzato è **Acido Ascorbico** non tossico
- Temperatura **30 °C** max (non altera la mano)





Caratterizzazioni dei materiali eseguite con



Atomic Force Microscope



Scanning Electron Microscope



Spettrometro Raman



In seguito alla valutazione di alcuni problemi di ordine pratico riguardanti gli **armadi di tintura**, è stata presentata la domanda per **modello di utilità** di un componente aggiuntivo removibile.

Il componente removibile consente di economizzare la quantità di soluzione per l'applicazione del metodo, e di evitare inoltre la contaminazione dell'armadio di tintura.

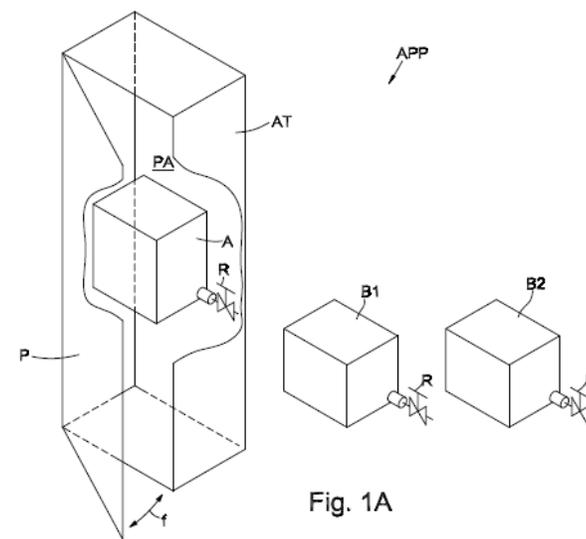


Fig. 1A

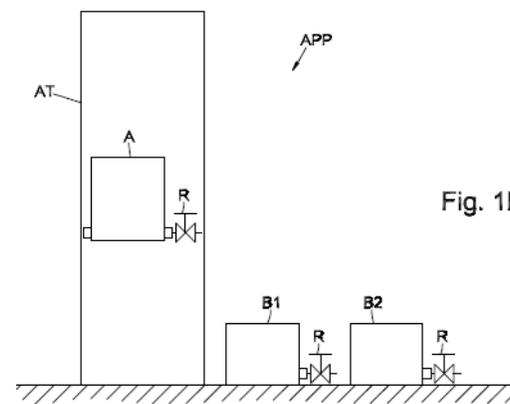
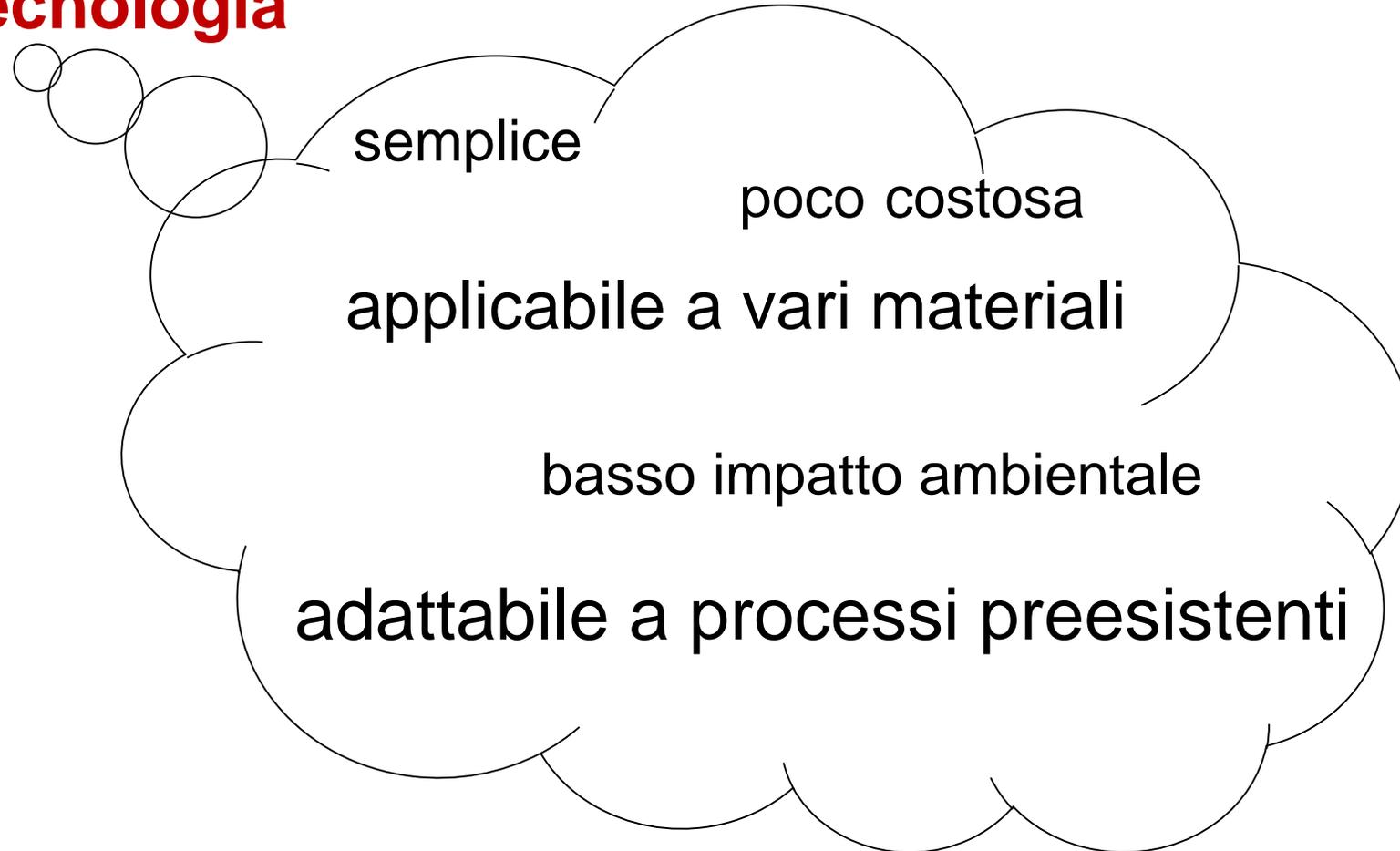


Fig. 1B



Nostra tecnologia





Crescita di AgNPs su tessuto non tessuto, applicazione spray



**IDENTIFICAZIONE DEI CAMPIONI:**

N°3 campioni contrassegnati:

- Sample 4.
- Sample 5.
- Sample 6.

Condizioni sperimentali:Microorganismo: *Staphylococcus aureus* ATCC 6538; diluizione dell'inoculo in nutrient broth.

- Inoculo: sospensione batterica, 1×10^5 UFC/mL diluito in nutrient. 1 mL della sospensione viene sparso in micro-gocce sulla superficie del provino.
- Tempo di contatto: 24 ore a 37°C.
- Neutralizzante: 30 g/l azolecicina, 30 g/l Tween 80, 5 g/l sodio tiosolfato, 1 g/l L-istidina, 0.68 g/l KH_2PO_4 , (pH a 7.2 ± 0.2).
- Sterilizzazione del campione: no.

L'Attività antibatterica dei campioni viene calcolata nel seguente modo:R = $100(B-A)/B$ dove:

A = UFC/ml del campione dopo 24 ore di contatto (UFC= Unità Formanti Colonie).

B = UFC/ml del campione al tempo 0.

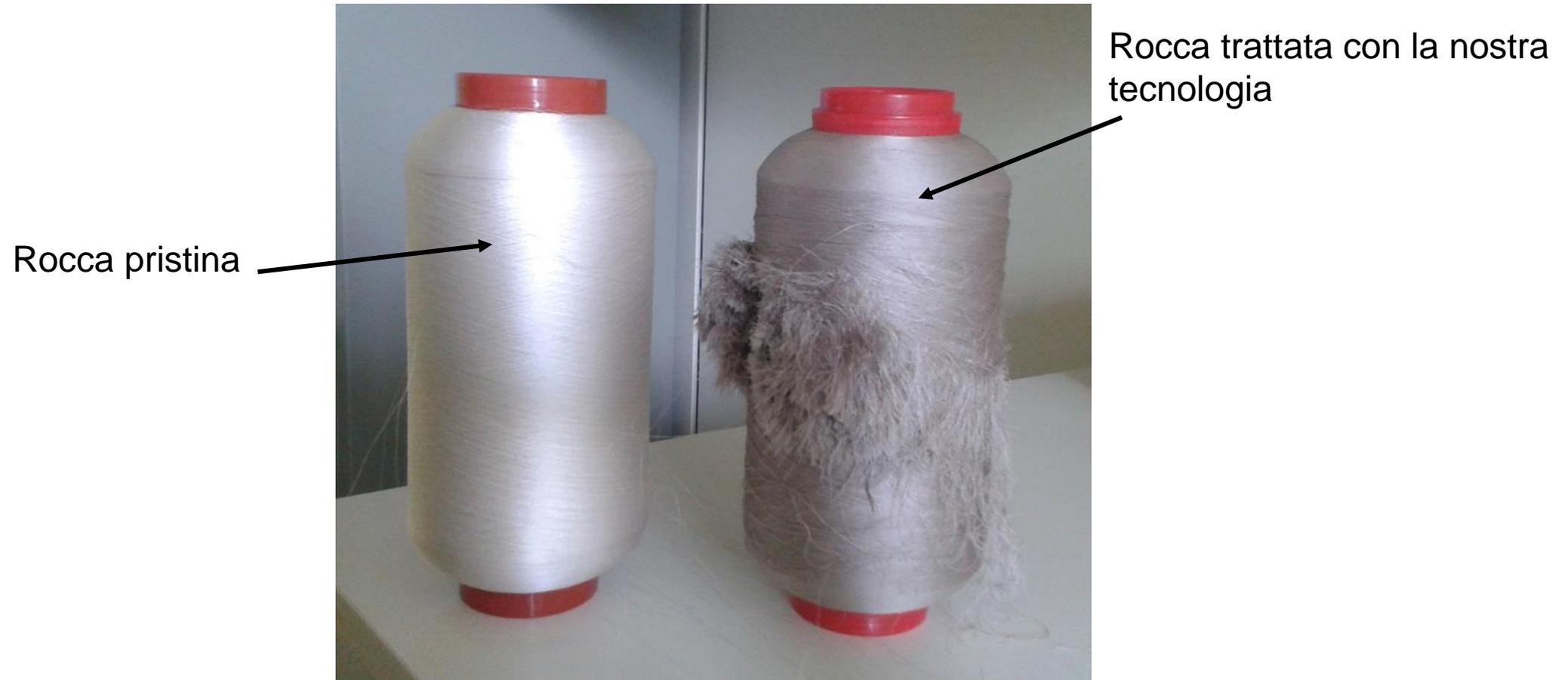
R = percentuale di riduzione del numero di batteri.

RISULTATI:

Campione	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538		
	UFC/ml inoculo T_0	UFC/ml inoculo 24 h	% riduzione 24 h
Bianco	$2,3 \times 10^3$	$2,2 \times 10^9$ $2,0 \times 10^9$	
Sample 4_1	$2,3 \times 10^3$	$2,0 \times 10^2$ 0	99,91 100
Sample 4_2	$2,3 \times 10^3$	0 0	100 100
Sample 5_1	$2,3 \times 10^3$	0 $1,2 \times 10^3$	100 99,50
Sample 5_2	$2,3 \times 10^3$	0 0	100 100
Sample 6_1	$2,3 \times 10^3$	0 0	100 100
Sample 6_2	$2,3 \times 10^3$	0 0	100 100

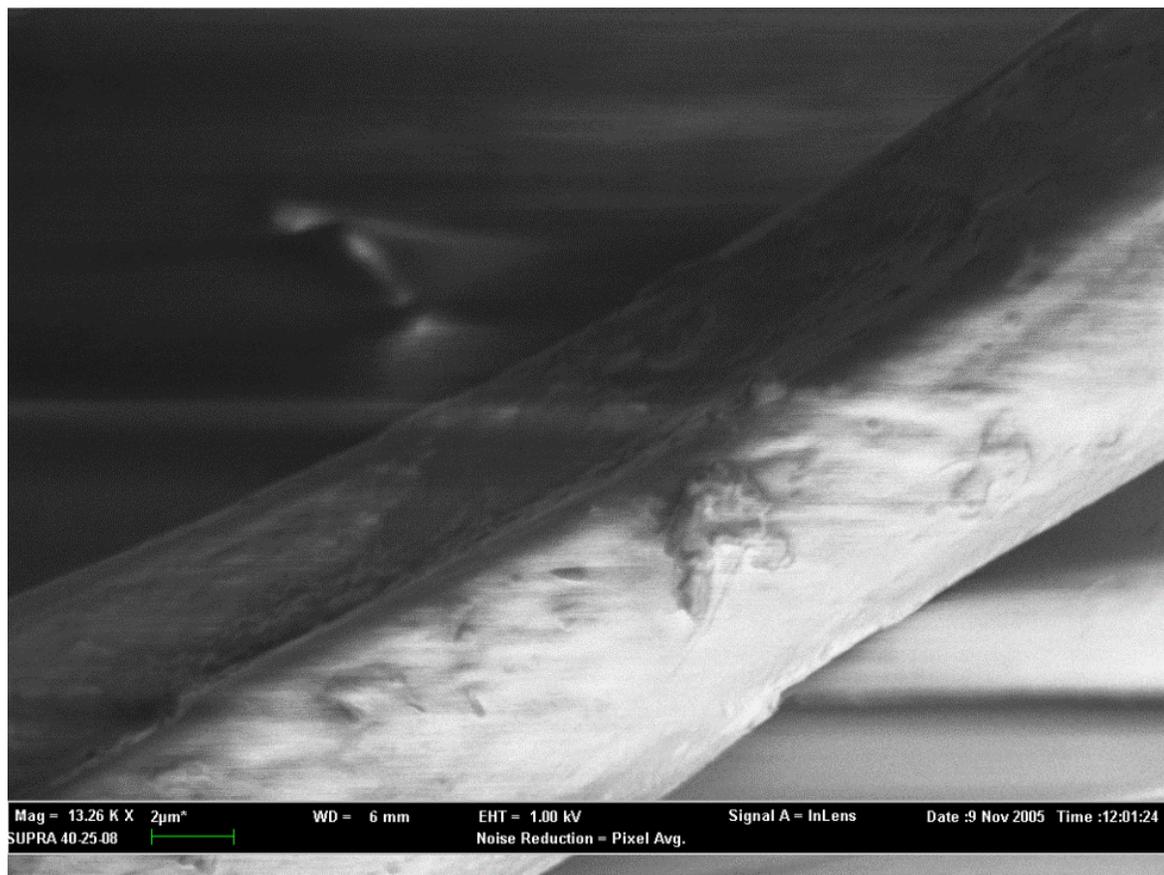


Crescita di AgNPs su poliestere, applicazione in bagno di tintura

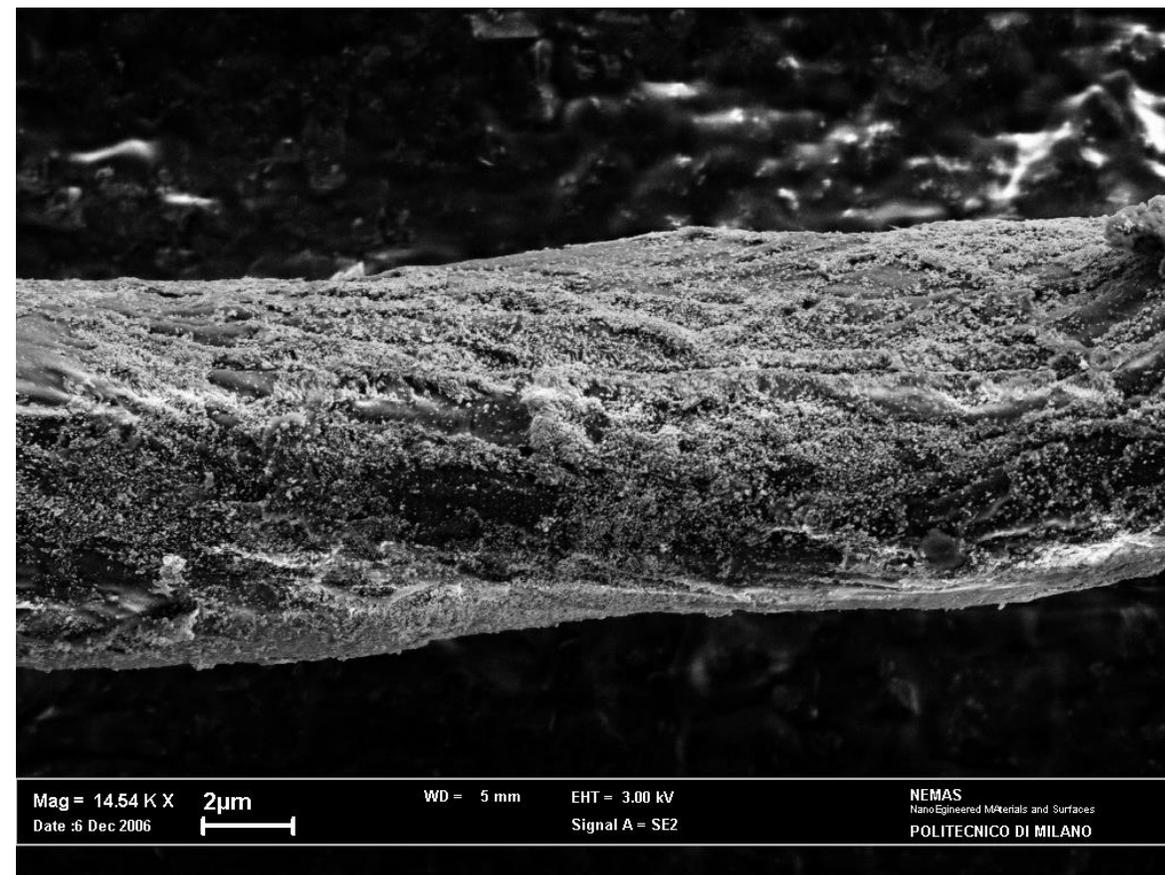




Filo di poliestere non trattato



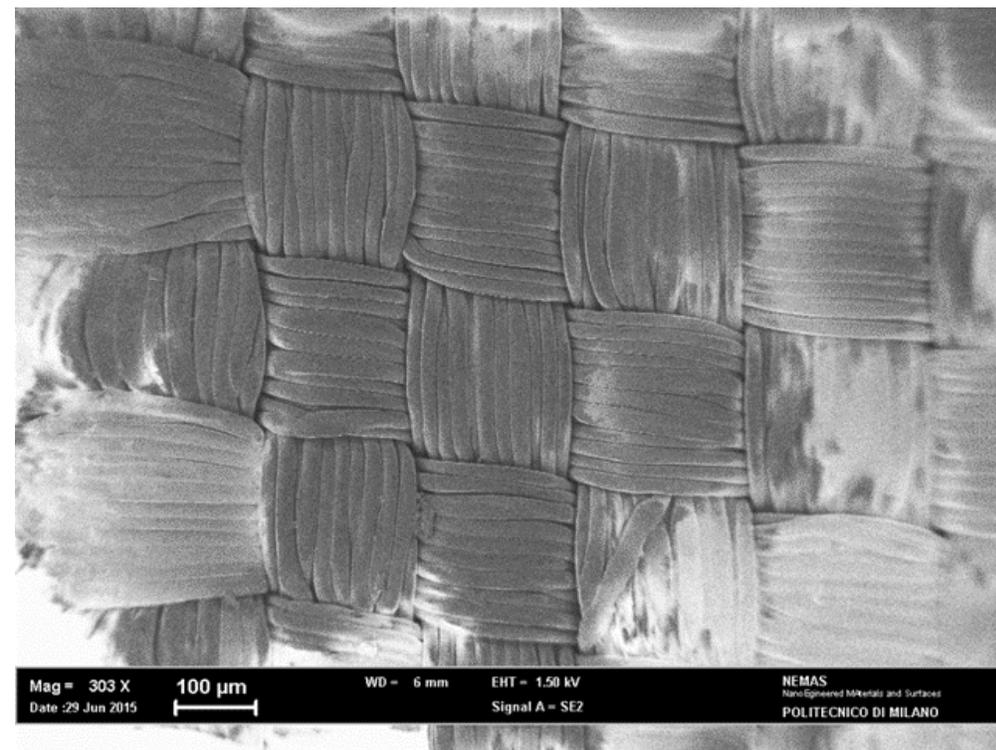
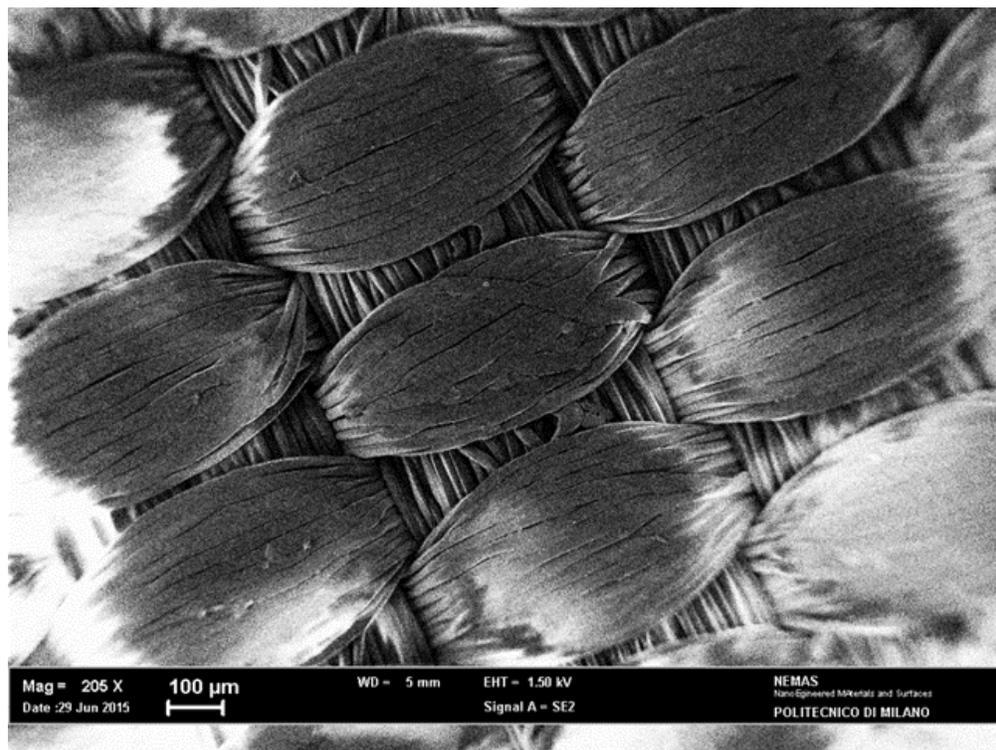
Filo di poliestere non trattato





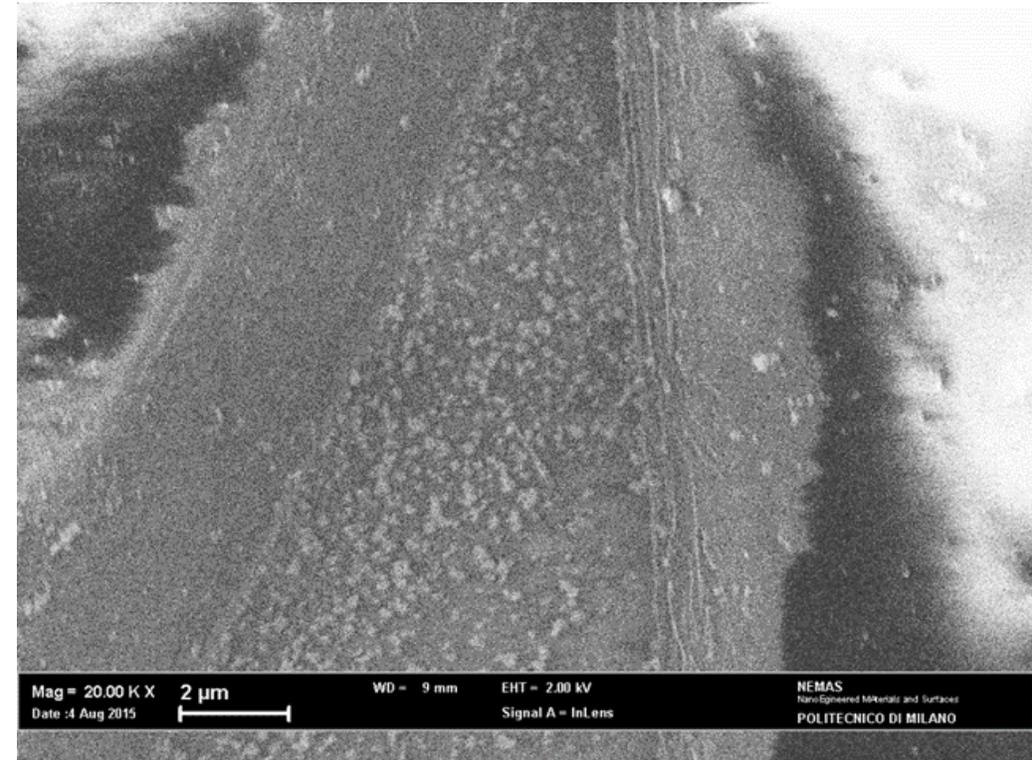
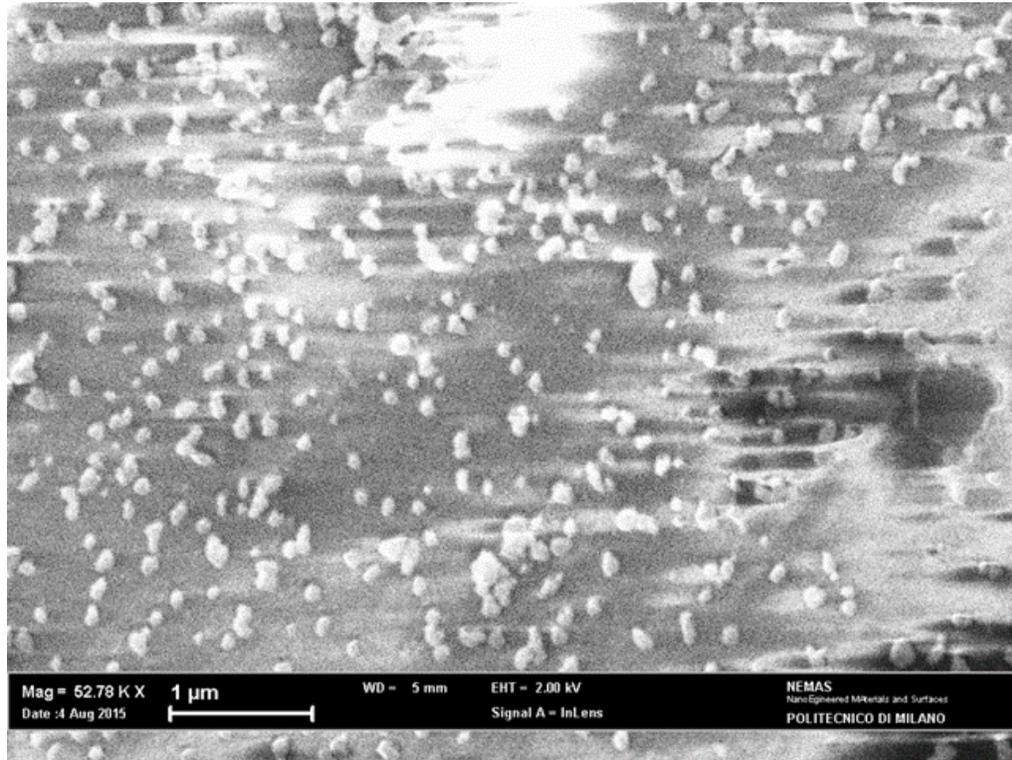
Crescita di AgNPs su canali tessili

I campioni sono di poliestere a diversa grammatura (0.0297g/cm² e 0.0114g/cm²), entrambi caratterizzati da una retinatura, mostrano carattere idrofobico.





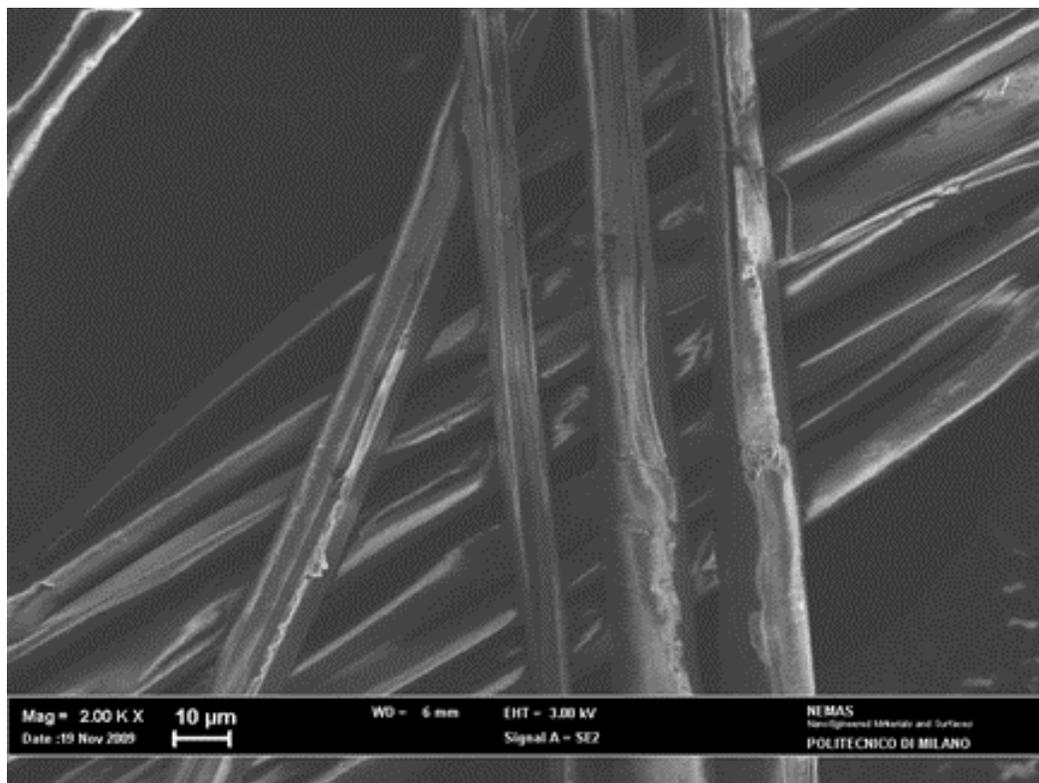
Campioni trattati con la nostra tecnologia (wet treatment)



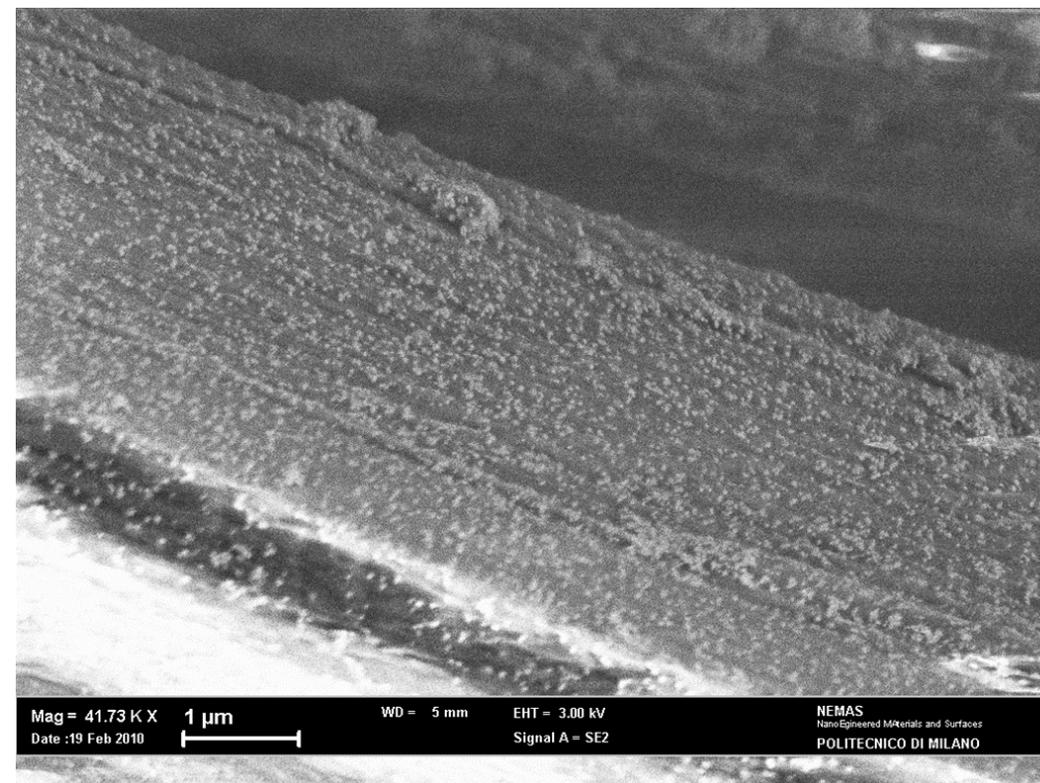


Crescita di AgNPs su calze di seta

Filo di seta non trattato



Filo di seta trattato con la nostra tecnologia





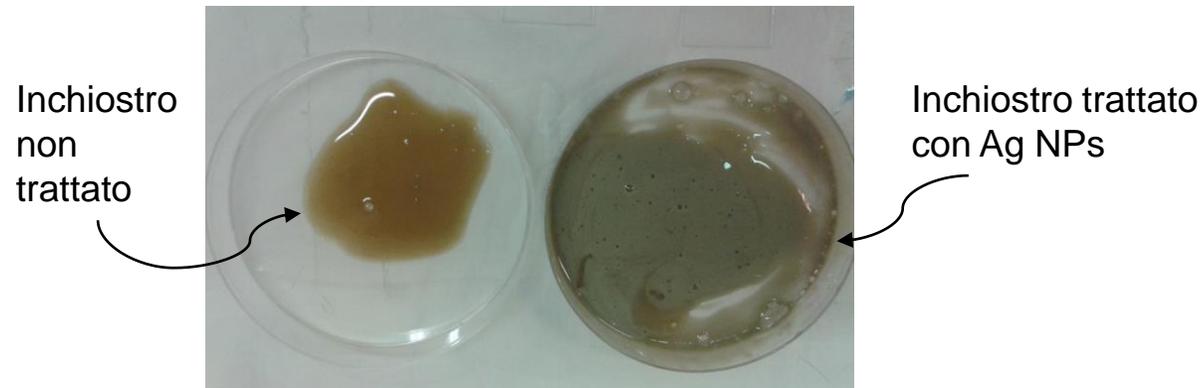
Test antibatterici secondo il metodo AATCC 100-1998

	La % di riduzione AATCC standard / <i>P. aeruginosa</i>				
TIME (h)	A40	A50	B40	B50	C50
0	-	-	-	-	-
1	99,84	99,99	99,99	99,39	99,99
6	99,99	99,93	98,31	99,59	99,00
24	99,91	99,96	99,99	>99,99	>99,99

	La % di riduzione AATCC standard / <i>S.aureus</i>				
TIME (h)	A40	A50	B40	B50	C50
0	-	-	-	-	-
1	90,91	84,62	77,14	33,33	50,00
6	99,92	99,92	99,92	99,78	94,64
24	>99,99	>99,99	>99,99	>99,99	>99,99



Trattamento con AgNPs di inchiostro per successiva stampa su velina



Il materiale da trattare è una carta velina bianca, a base cellulosica, grammatura 21g/m².

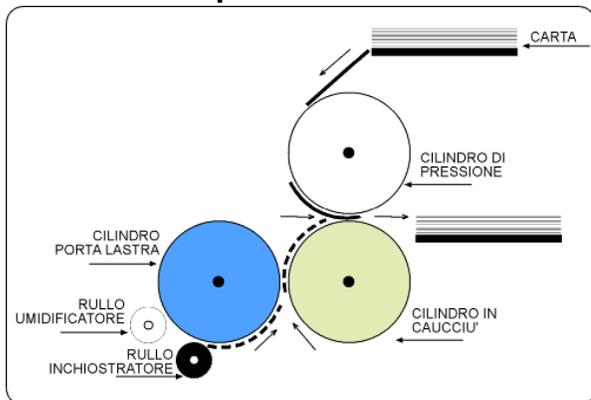


Lettera «scritta» con AgNPs

Dopo una **Fase 1** in laboratorio, in cui si sono testati diversi inchiostri, si passa alla **Fase 2** con **prova in tipografia**



Stampa Offset



Macchina da stampa offset



Macchina da stampa offset con colore spalmato



Inchiostro tal quale, spalmato con spatola su carta



Stampa con inchiostro contenente argento. Concentrazion e di argento crescente da 1 a 5.



Caratterizzazione di un prodotto commerciale a base di Argento



(12) **United States Patent**
Winterhalter

(10) **Patent No.:** US 8,771,831 B2
(45) **Date of Patent:** *Jul. 8, 2014

(54) **MULTI-FUNCTIONAL YARNS AND FABRICS HAVING ANTI-MICROBIAL, ANTI-STATIC AND ANTI-ODOR CHARACTERISTICS**

(75) **Inventor:** Carol A. Winterhalter, Marlborough, MA (US)

(73) **Assignee:** The United States of America as Represented by the Secretary of the Army, Washington, DC (US)

(*) **Notice:** Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 520 days. This patent is subject to a terminal disclaimer.

(21) **Appl. No.:** 11/315,384
(22) **Filed:** Dec. 23, 2005
(65) **Priority Publication Data**
US 2007/0148449 A1 Jan. 28, 2007

(51) **Int. Cl.**
D05G 3/02 (2006.01)
(52) **U.S. Cl.**
USPC 428/357; 428/364; 428/377; 428/919; 442/110; 442/123; 442/666; 442/131

(58) **Field of Classification Search**
USPC 2/239; 8/115.51; 188; 116.1; 115.6; 8/115.5; 28/281; 29/527.2; 34/597; 55/100; 43; 525; 369; 9/752; 905; 57/001; 350; 295; 210; 227; 210; 208; 207; 57/232; 258; 66/178 R; 202; 185; 171; 106/119; 118; 114; 113; 130/425 R; 210/764; 759; 252/382; 843; 8.6.1; 422/501; 181; 107; 164; 130; 424/443; 424/405; 404; 427/412; 392; 389.9; 247; 427/245; 244; 243; 231; 78.35; 78.34; 427/78.08; 724; 635; 619; 638; 400; 449; 427/443; 421; 411; 409; 407; 406; 405; 404; 427/405; 402; 129; 428/96; 95; 92; 87; 428/608; 377; 375; 373; 372; 370; 362; 361; 428/559; 97; 922; 921; 920; 91; 907; 90; 85; 428/400; 397; 395; 394; 389; 379; 374; 369; 428/368; 365; 364; 342; 341; 340; 324; 357.

See application file for complete search history.

(56) **References Cited**
U.S. PATENT DOCUMENTS
4,120,914 A * 10/1978 Ishida et al. 525-412
4,758,465 A * 7/1988 McKinnay et al. 442/139 (Continued)

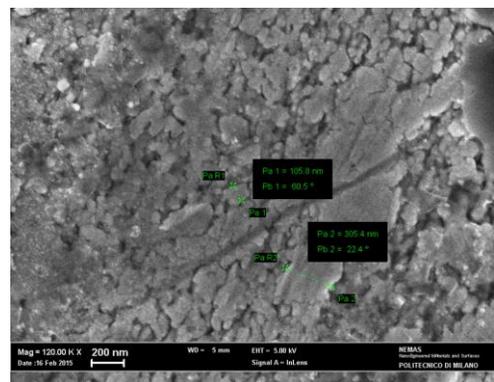
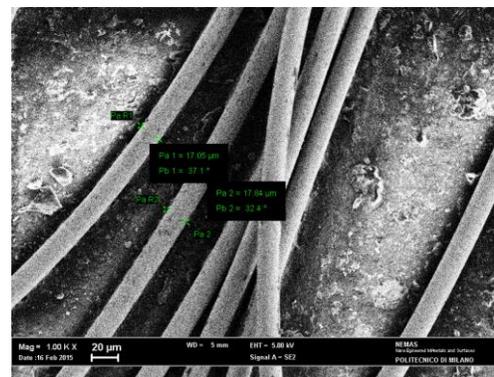
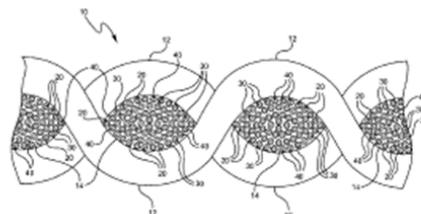
FOREIGN PATENT DOCUMENTS
CA 2517070 A1 * 10/2004
03/007070 A * 11/1998

OTHER PUBLICATIONS
X-Static Fiber Technical Information archived by Way Back Internet Archive on Nov. 25, 2004. <http://web.archive.org/web/20041109112556/www.x-static.fiber.com/index1.htm> * (Continued)

Primary Examiner — Elizabeth Cole
(74) Attorney, Agent, or Firm — Roger C. Phillips

(57) **ABSTRACT**
The present invention is directed to yarns and fabrics that exhibit anti-static, anti-odor, and anti-microbial properties. The yarn is comprised of several groups of predetermined fibers. One of these groups of predetermined fibers comprises fibers that exhibit anti-microbial, anti-odor and anti-static characteristics. In one embodiment, the yarn comprises a first plurality of fibers, a second plurality of fibers that are different from the fibers of the first plurality, and a third plurality of fibers that are different from the fibers of the first and second pluralities. In one embodiment, the fibers which exhibit anti-microbial, anti-odor and anti-static properties are metallic coated fibers. Other fibers used to form different embodiments of the yarns include cotton, nylon, polyester, wool, meta-aramid fibers, para-aramid fibers, and stretch fibers.

4 Claims, 2 Drawing Sheets



Il materiale antibatterico analizzato è un filo di poliestere con argento conosciuto come X Static



I 10 Batteri che vivono nei nostri Smartphone

- *Pseudomonas aeruginosa*
- *Clostridium difficile*
- *Staphylococcus aureus*
- *Stafilococchi coagulasi negativi*
- *Streptococco*
- *Escherichia coli*
- *Coliformi*
- *Corynebacterium*
- *Lieviti*
- *Muffe*





- Adatto a cotone, poliestere, nylon, seta...
- *In situ* crescita di nanoparticelle (non legame chimico)
- Bassa temperatura: applicabile a materiali di elevate qualità (seta, lana, cashmere)





Good



La resistenza in acqua è stata testata fino a dieci lavaggi

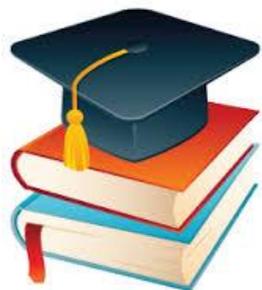
No Damages

Inserimento di fili di Argento nel tessuto dà buoni risultati
...ma causa problemi e costi elevati a pari efficacia



Work in Progress

Ricarica fai da te



Rischio: probabilità di subire un danno, una perdita





GRAZIE PER L'ATTENZIONE





Per informazioni:

Anna Facibeni

Dipartimento di Energia – Politecnico di Milano

Via Ponzio 34/3

20133 Milano

Tel. 02 2399 3253

mail: anna.facibeni@polimi.it