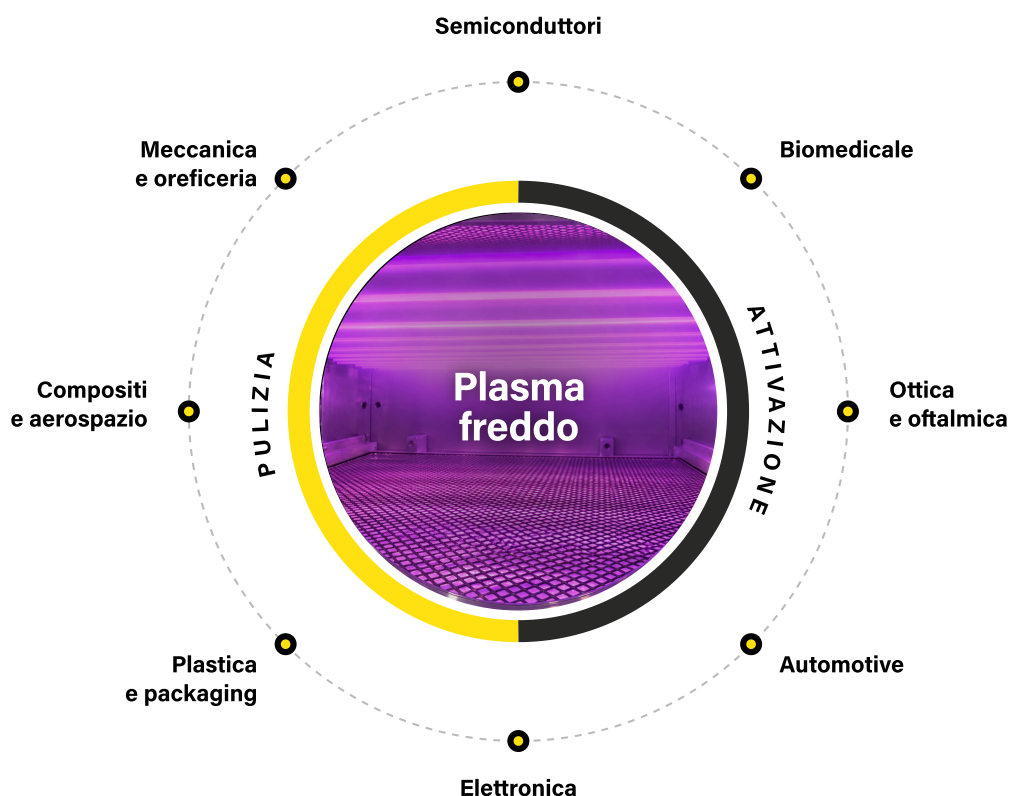


Il plasma freddo

Superfici pulite,
superfici pronte.

Pulizia di precisione e attivazione superficiale:
come funziona, cosa si misura, dove si applica.



Pulizia. Il plasma agisce chimicamente sui contaminanti organici e la pompa da vuoto li porta via.

Attivazione. Il plasma modifica la chimica degli strati più esterni del materiale e ne aumenta la bagnabilità e l'adesione.

PERCHÉ LEGGERE QUESTA NOTA

Pulito non basta

Ogni superficie porta con sé la propria storia. Un foglio di rame conserva il velo d'olio della lavorazione, una protesi i residui del processo produttivo, un paraurti in polipropilene la sua natura ostinatamente idrofoba. A occhio nudo sono pulite. Per una colla, una vernice o un rivestimento non lo sono affatto.

È qui che nascono i difetti più insidiosi: vernici che si sollevano, incollaggi che cedono, rivestimenti che non coprono, colori che virano. La causa è quasi sempre invisibile: pochi nanometri di contaminante, oppure una superficie chimicamente "chiusa", che rifiuta di farsi bagnare.

Il plasma freddo risolve entrambi i problemi con un solo processo, a bassa temperatura e senza solventi. Rimuove ciò che non si vede e prepara la superficie a ricevere ciò che verrà dopo.

In questa nota trovate cos'è il plasma, come agisce, come se ne misura l'effetto e i risultati ottenuti nel nostro laboratorio su metalli, polimeri e dispositivi medicali.

Due effetti, una sola tecnologia.

Pulizia: il plasma agisce chimicamente sui contaminanti organici, il cui carbonio diventa gas, e la pompa da vuoto li porta via.

Attivazione: il plasma modifica la chimica degli strati più esterni del materiale e crea gruppi polari che ne aumentano la bagnabilità e l'adesione, senza alterarne le proprietà interne.

IL PROBLEMA INVISIBILE

Due nemici dell'adesione

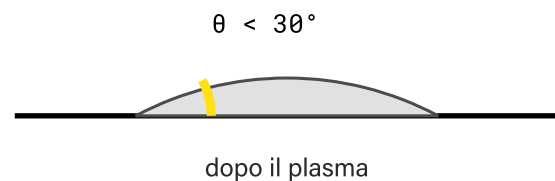
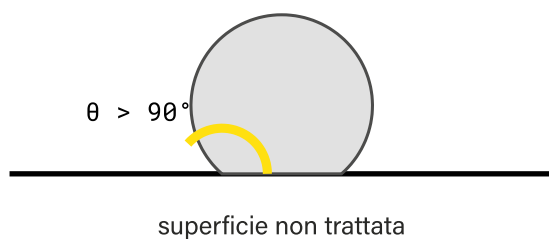
1. La contaminazione

Oli, grassi, cere, siliconi, distaccanti di stampaggio, residui fluorurati, impronte, polveri e fibre. Anche dopo un lavaggio industriale accurato ne resta uno strato sottile, spesso di spessore molecolare. Basta questo per alterare la bagnabilità di una superficie e compromettere verniciatura, incollaggio o deposizione di film sottili.

Quando serve rimuovere anche le impurità invisibili si parla di ultra-pulizia.

2. La bassa energia superficiale

Molti polimeri, come polipropilene, polietilene, PTFE e silicone, hanno per natura un'energia superficiale bassa. In pratica, la superficie "respinge" i liquidi: una goccia d'acqua resta tonda come su una foglia di loto, e allo stesso modo colle, inchiostri e vernici non si distendono e non aderiscono.



L'angolo di contatto θ misura quanto la goccia si distende: più è basso, più la superficie è bagnabile.

Le soluzioni tradizionali e i loro limiti

Primer chimici, fiammatura, trattamento corona, abrasione meccanica. Funzionano, ma a un prezzo: solventi e composti organici volatili, rischio termico per i materiali delicati, risultati disomogenei sulle geometrie complesse, possibili danni al substrato.

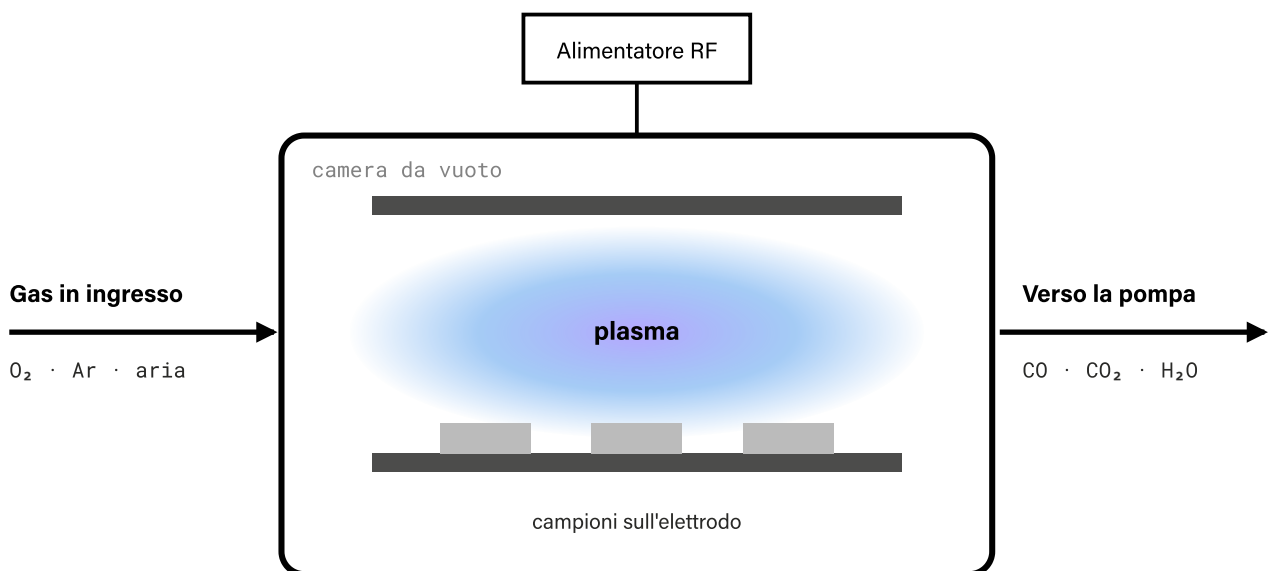
COME FUNZIONA

Il quarto stato della materia

Si immette un gas in una camera a bassa pressione e gli si applica un campo elettrico sufficientemente intenso. Il gas si ionizza in parte: accanto alle molecole intatte compaiono ioni positivi, elettroni liberi, radicali e fotoni ultravioletti. È il plasma, il quarto stato della materia, lo stesso delle aurore boreali e delle insegne al neon.

Il plasma "freddo" lavora a temperatura prossima a quella ambiente. Questo consente di trattare anche materiali termosensibili, come plastiche, dispositivi medicali, assieme con colle o componenti elettronici. Il bombardamento ionico sul campione trasferisce però energia, e quindi calore: la temperatura resta bassa, e non modifica il materiale.

Possiamo immaginarlo come un gas reattivo che agisce sugli strati più esterni del materiale, nell'ordine dei nanometri, senza alterarne le proprietà interne.



Sezione semplificata di un reattore al plasma: il gas entra nella camera, si ionizza tra gli elettrodi e i sottoprodotti volatili vengono aspirati dalla pompa da vuoto.

Come pulisce

Durante il trattamento agiscono contemporaneamente quattro meccanismi:

Effetto fisico. Gli ioni di argon, pesanti, colpiscono la superficie e staccano i contaminanti come un martellamento su scala atomica.

Radiazione UV. Il plasma emette ultravioletti che rompono i legami chimici dei contaminanti e ne facilitano la rimozione.

Effetto chimico. L'ossigeno ionizzato e i suoi radicali reagiscono con il carbonio dei contaminanti organici e li trasformano in CO e CO₂, molecole volatili che la pompa da vuoto aspira.

Bassa pressione e lieve riscaldamento. Favoriscono l'evaporazione naturale delle sostanze residue.

Il risultato: il contaminante viene disgregato, trasformato in gas e allontanato dal sistema di pompaggio. Sulla superficie non resta nulla.

Il plasma non sostituisce il lavaggio industriale: lo completa. È lo stadio finale di un ciclo di pulizia, quello che porta la superficie dal "pulito" all'"ultra-pulito".

Come attiva

Sui polimeri il plasma fa di più: cambia la chimica degli strati superficiali.

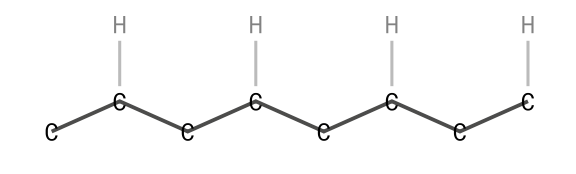
Rottura dei legami. Ioni e radicali spezzano i legami C-C e C-H della superficie.

Funzionalizzazione. Sui legami aperti si fissano gruppi polari, come ossidrili (-OH), carbonili (C=O) e carbossili (-COOH), che aumentano l'energia superficiale.

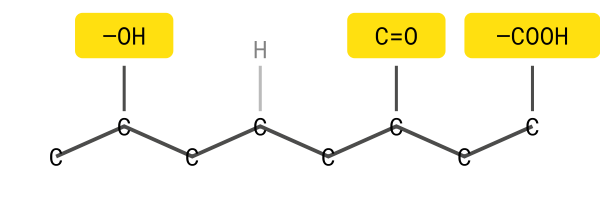
Micro e nano-rugosità. La rugosità cambia solo di pochi nanometri: un contributo secondario rispetto alla funzionalizzazione chimica e alla pulizia della superficie.

Reticolazione superficiale. Si forma uno strato esterno più coeso e meccanicamente più stabile.

PRIMA



DOPO IL PLASMA



Catena polimerica stilizzata: dopo il trattamento si fissano in superficie gruppi polari che aumentano l'energia superficiale.

LA RICETTA DI PROCESSO

Il gas giusto per ogni superficie

Gas	Effetto prevalente	Impiego tipico
Aria / Ossigeno (O ₂)	Chimico: ossidazione dei contaminanti organici, massima funzionalizzazione polare	Pulizia organica, attivazione della maggior parte dei polimeri
Argon (Ar)	Fisico: bombardamento ionico	Pulizia di metalli e superfici sensibili all'ossidazione
Argon/Ossigeno	Fisico e chimico combinati	Pulizia generale, dosabile in funzione del substrato
Azoto (N ₂)	Introduzione di gruppi azotati	Applicazioni biomedicali specifiche
Idrogeno e miscele con H ₂	Riducente	Rimozione di ossidi superficiali dai metalli

I parametri che contano

Il gas è solo una delle variabili. Il risultato dipende dall'equilibrio tra:

Pressione di lavoro	0,1 ÷ 1,0 mbar
Potenza del generatore	5 ÷ 200 W (con ossigeno da 10 W)
Frequenza	kHz oppure 13,56 MHz (RF), secondo il sistema
Tempo di trattamento	da pochi secondi a qualche minuto
Flusso e miscela gas	in sccm, secondo il substrato
Posizione dei campioni	distanza e orientamento rispetto agli elettrodi

Ogni combinazione di substrato e contaminante ha la propria ricetta. Definirla è il lavoro che facciamo con il cliente, sui suoi campioni.

COME SI MISURA

Vedere l'invisibile

L'efficacia di un trattamento al plasma si verifica con metodi diversi, scelti in base al dettaglio di informazione che serve.

Metodo	Cosa rivela	Quando si usa
Angolo di contatto	La bagnabilità: più la goccia si distende, più alta è l'energia superficiale	Controllo rapido, in laboratorio e in produzione
Inchiostri tarati	L'energia superficiale in mN/m, con test a pennarello	Verifica immediata in linea
SEM + EDX	Immagine della superficie ad alto ingrandimento e sua composizione elementare	Verifica della pulizia, analisi dei residui
XPS (ESCA)	La chimica dei primi nanometri: quali gruppi funzionali sono presenti	Studio e ottimizzazione del processo
Prove di adesione	La forza reale del giunto: pull-off, peel test, quadrettatura (cross-cut)	Validazione finale del prodotto

L'angolo di contatto in una riga. Su un polimero non trattato la goccia d'acqua forma spesso un angolo superiore a 90°. Dopo il plasma l'angolo può scendere sotto i 30°: la superficie è diventata "accogliente".

Quattro prove, quattro superfici

Casi reali trattati nei nostri reattori, con i parametri di processo e i risultati misurati.

01	Un foglio di rame con contaminazioni di olio	p. 9
02	Una protesi ortopedica	p. 10
03	Il polipropilene impara a bagnarsi	p. 11
04	Un cappuccio in LDPE che non si stacca più	p. 12



DAL NOSTRO LABORATORIO

Prova 1. Un foglio di rame con contaminazioni di olio

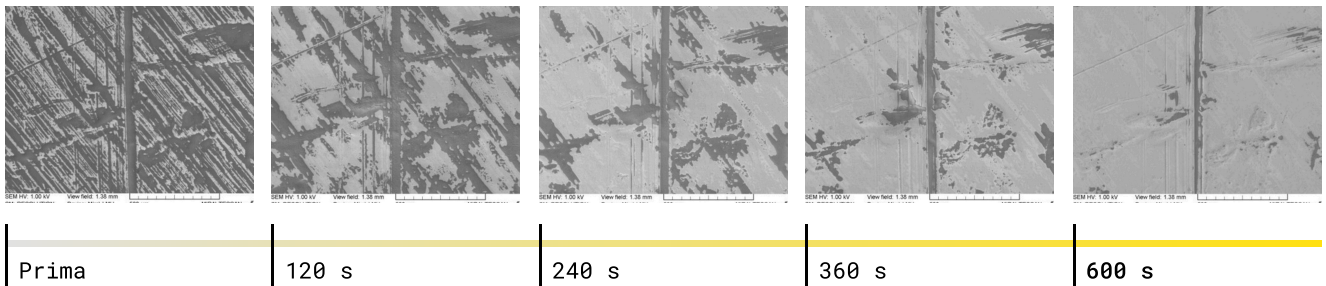
Un foglio di rame è stato lucidato e sgrassato con acetone, poi volutamente contaminato con olio per pompe da vuoto e strofinato con un panno pulito, fino a lasciare solo un velo sottile: la situazione tipica di un pezzo "apparentemente pulito".

Il campione è stato trattato in cicli successivi in un reattore **Colibri**.

CONDIZIONI DI PROVA

Reattore	Colibri
Potenza	80 W
Frequenza	50 kHz
Gas	Ar/O ₂ 50:50
Analisi	SEM, 200x

Le macchie scure sono olio residuo. A ogni ciclo si riducono, fino a quasi scomparire.



Foglio di rame contaminato con olio, osservato al SEM a 200 ingrandimenti prima e dopo cicli successivi di plasma. Le immagini sono rappresentative dell'intera superficie.

600 s

cicli cumulati di plasma Ar/O₂ per portare il rame dal "pulito" all'"ultra-pulito"

DAL NOSTRO LABORATORIO

Prova 2. Una protesi ortopedica

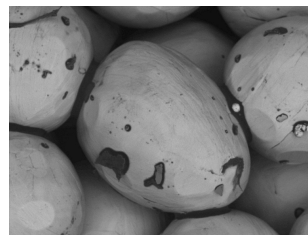
Componenti di una protesi ortopedica con contaminazione organica sono stati trattati in un reattore **Tucano**, con plasma a prevalenza di argon.

CONDIZIONI DI PROVA

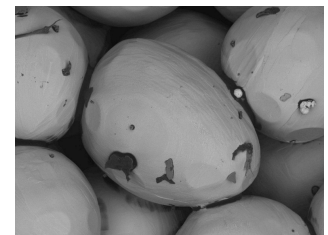
Reattore	Tucano
Potenza	80 W
Frequenza	13,56 MHz
Gas	Ar/O ₂ 98:2
Tempo	120 s
Analisi	SEM (elettroni retrodiffusi) + EDX

Nelle immagini al SEM le zone scure corrispondono alla componente organica. Dopo il trattamento la superficie appare più chiara e uniforme.

PRIMA



DOPO 120 s



In alto campione A, in basso campione B: prima del trattamento e dopo 120 s di plasma.

PRIMA

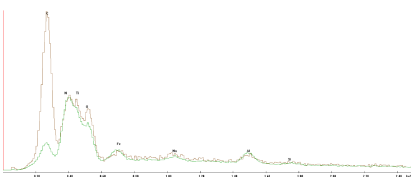


DOPO IL TRATTAMENTO



Il cotile della protesi prima e dopo il trattamento al plasma.

L'analisi EDX conferma ciò che le immagini suggeriscono: il picco del carbonio, firma dei contaminanti organici, si abbassa in modo drastico. I picchi del substrato (titanio, azoto, alluminio) restano invariati: il plasma ha rimosso lo sporco senza toccare il materiale. Tempi più lunghi o potenze maggiori avrebbero ridotto ulteriormente il carbonio residuo: la ricetta si calibra sul livello di pulizia richiesto.



Spettro EDX della protesi prima (curva scura) e dopo il trattamento (curva chiara). Il picco del carbonio a circa 0,28 keV si riduce nettamente.

DAL NOSTRO LABORATORIO

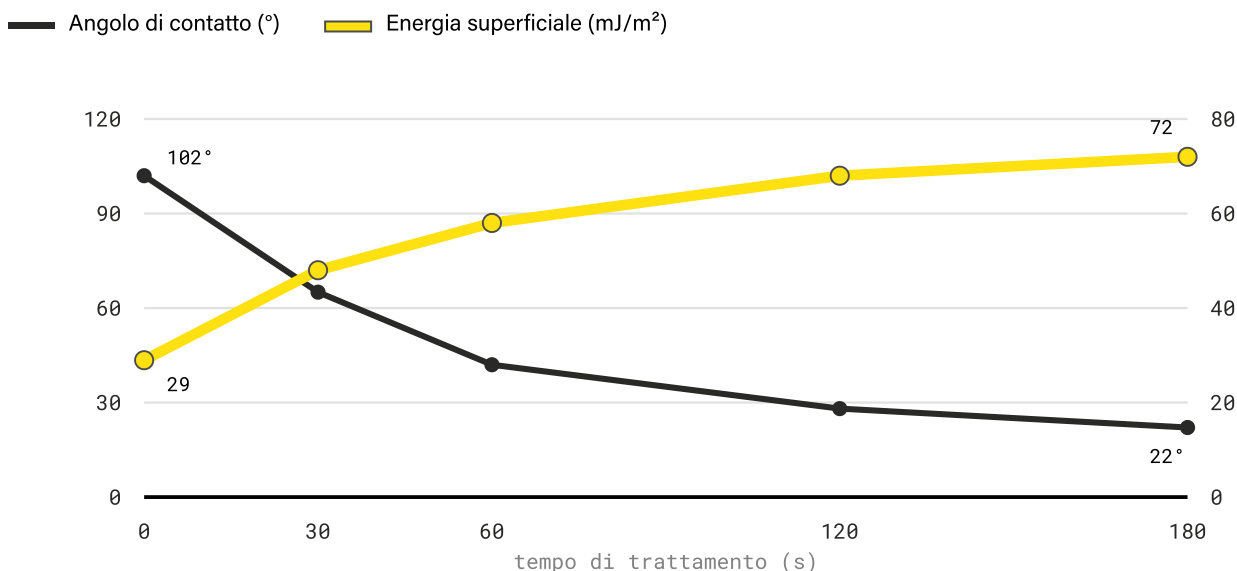
Prova 3. Il polipropilene impara a bagnarsi

Campioni di polipropilene trattati in aria, con tempi crescenti.

Tempo di trattamento	Angolo di contatto (H ₂ O)	Energia superficiale
0 s (non trattato)	102° ± 2°	29 mJ/m ²
30 s	65° ± 3°	48 mJ/m ²
60 s	42° ± 2°	58 mJ/m ²
120 s	28° ± 2°	68 mJ/m ²
180 s	22° ± 3°	72 mJ/m ²

CONDIZIONI DI PROVA

Gas	Aria
Potenza	100 W
Pressione	0,3 mbar
Tempo	0 ÷ 180 s



Polipropilene trattato in aria: l'angolo di contatto scende mentre l'energia superficiale sale con il tempo di trattamento.

da 102° a 22°

l'angolo di contatto in tre minuti

UN CASO REALE

Prova 4. Un cappuccio in LDPE che non si stacca più

Un cliente incollava un cappuccio in polietilene a bassa densità (LDPE) su una scheda elettronica in vetronite, con l'adesivo UV **Loxeal UV30-12**. Un gran numero di pezzi non superava il test di trazione già prima del magazzino.

Oggi i cappucci passano prima in un reattore **Tucano**, poi nella macchina automatica di incollaggio, dove la colla viene dosata, il cappuccio posato sulla scheda e l'adesivo polimerizzato ai raggi UV.

CONDIZIONI DI PROVA

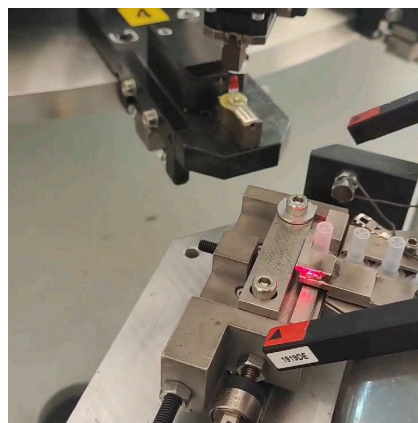
Reattore	Tucano
Gas	Aria
Flusso	40 sccm
Potenza	100 W
Tempo	300 s
DC bias	160 V
Pressione	$9,9 \cdot 10^{-1}$ mbar
Lotto	250 pezzi



Il cappuccio in LDPE e la basetta in vetronite da incollare.



1 I cappucci in LDPE, sul vassoio, entrano nella camera del Tucano.



2 Incollaggio automatico sulla scheda in vetronite e polimerizzazione UV.



3 Prova di tenuta: nemmeno con una pinza il cappuccio si stacca.

PRIMA DEL PLASMA

0,8 kg

di tenuta a trazione. Non tutti i pezzi superavano il test prima del magazzino; altri, dopo alcuni giorni, perdevano la tenuta.

DOPO IL PLASMA

Si rompe il cappuccio

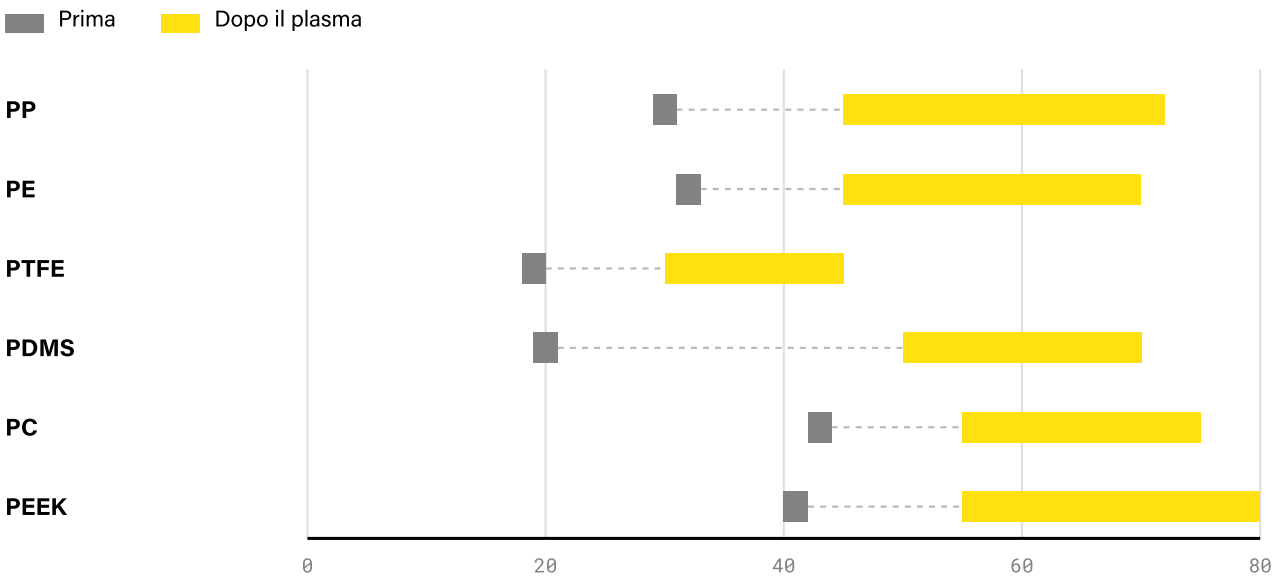
Il cappuccio in LDPE cede prima dell'incollaggio.

MATERIALI

Quanto cambia l'energia superficiale

Valori tipici prima e dopo il trattamento al plasma.

Polimero	Prima (mJ/m ²)	Dopo (mJ/m ²)	Applicazioni tipiche
PP, polipropilene	29 ÷ 31	45 ÷ 72	Automotive, packaging
PE, polietilene	31 ÷ 33	45 ÷ 70	Contenitori, film
PTFE, politetrafluoroetilene	18 ÷ 20	30 ÷ 45	Medicale, elettronica
PDMS, silicone	19 ÷ 21	50 ÷ 70	Microfluidica, medicale
PC, policarbonato	42 ÷ 44	55 ÷ 75	Ottica, automotive
PEEK	40 ÷ 42	55 ÷ 80	Aerospazio, medicale



Intervalli tipici di energia superficiale, in mJ/m², prima e dopo il trattamento al plasma.

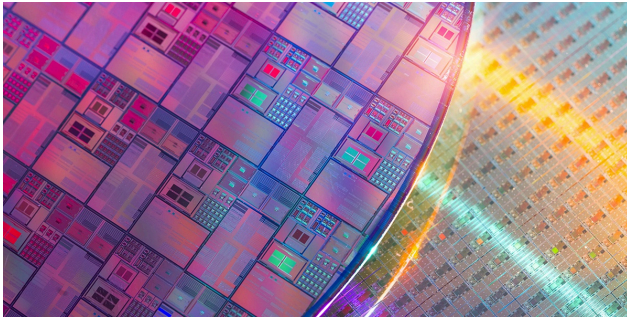
fino a +250%

l'aumento di energia superficiale (PDMS)

Il plasma pulisce anche metalli, vetro e ceramiche: la tecnica si presta a quasi tutti i materiali e ad assiemi composti da materiali diversi.

DOVE SI USA

Un processo, molti settori



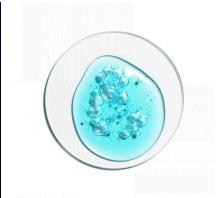
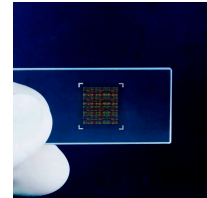
Semiconduttori

- Rimozione del fotoresist (ashing) e dei suoi residui (descumming)
- Rimozione di polimeri organici
- Pulizia prima del wire bonding



Ottica e oftalmica

- Pulizia e pretrattamento prima di rivestimenti antiriflesso e antigraffio
- Bagnabilità di lenti a contatto e intraoculari



Biomedicale

- Incollaggi tra materiali diversi, anche termosensibili: aghi su siringhe, cateteri
- Cateteri e tubi in silicone: adesione di rivestimenti antimicrobici
- Impianti dentali, protesi e PEEK impiantabile: più bagnabilità, osteointegrazione favorita
- Filtri per fluidi biologici: pulizia e bagnabilità
- Microfluidica in PDMS: bonding permanente senza adesivi
- Pulizia finale di vials, becher e vetrini



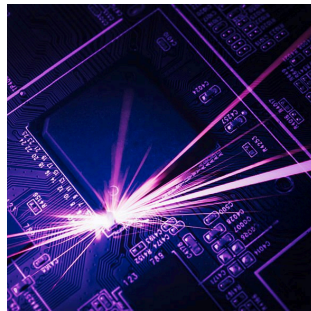
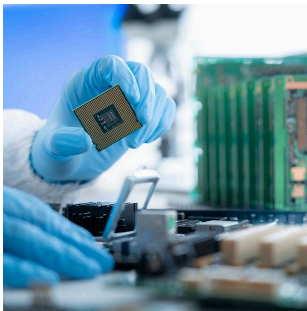
Automotive

- Paraurti in PP/TPO: verniciatura senza primer
- Guarnizioni in EPDM: incollaggi più tenaci e duraturi
- Componenti interni: incollaggi multimateriale senza adesivi aggressivi



Industria della plastica e packaging

- Rimozione di distaccanti e residui dopo lo stampaggio
- Attivazione prima di stampa, verniciatura ed etichettatura, senza primer
- Laminazione multistrato tra film dissimili, ancoraggio degli inchiostri su film barriera



Elettronica e optoelettronica

- Incapsulamento LED: adesione di resine epossidiche su plastica
- Circuiti flessibili: adesione del rame su poliimmide
- Display touch: incollaggio ottico di film protettivi



Meccanica di precisione e oreficeria

- Pulizia di metalli, vetri e ceramiche prima di incollaggi, verniciature e rivestimenti PVD
- Incollaggio di pietre dure su metalli preziosi



Compositi e aerospazio

- Fibre di carbonio: interfaccia fibra-matrice più solida
- Preparazione delle superfici per incollaggi strutturali

PERCHÉ IL PLASMA

Il confronto con i metodi tradizionali

Rispetto a	Il plasma offre
Primer chimici	Nessun solvente né composto organico volatile. Secondi di trattamento invece di ore di asciugatura. Nessun rischio di contaminare il substrato. Costo per pezzo inferiore.
Trattamento corona	Uniformità anche su geometrie tridimensionali complesse. Attivazione più duratura. Possibilità di trattare materiali conduttivi. Controllo di processo più fine.
Fiammatura	Nessun rischio termico. Idoneo ai materiali termosensibili. Processo ripetibile e controllabile. Attivazione più selettiva e stabile.
Lavaggi e bagni chimici	Nessun residuo: i sottoprodotti sono gas aspirati dalla pompa. Nessun rifiuto liquido da smaltire. Minori costi di consumabili, dispositivi di sicurezza e formazione.

Pulito anche per chi lavora. Il plasma non espone gli operatori a sostanze pericolose e non produce reflui. Un vantaggio ambientale che diventa anche un vantaggio economico.

DA SAPERE

L'attivazione ha una scadenza

L'effetto dell'attivazione non è eterno. Con il tempo la superficie tende a tornare allo stato iniziale, un fenomeno noto come invecchiamento (aging) o recupero idrofobico: le catene polimeriche si riorganizzano e i gruppi polari migrano verso l'interno.

La velocità dipende da:

tipo di polimero: PP e PE

invecchiano più in fretta di PC e PEEK;

condizioni di stoccaggio:

temperatura, umidità, contaminanti nell'aria;

intensità del trattamento:

trattamenti più energici tendono a essere più stabili.

Le nostre raccomandazioni

1. Incollare, verniciare o rivestire entro 24÷48 ore dal trattamento.
2. Conservare i pezzi in ambiente pulito e a bassa umidità.
3. Se necessario, un breve ritrattamento riporta la superficie allo stato attivo.

Glossario

Angolo di contatto: angolo che una goccia di liquido forma con la superficie; più è basso, più la superficie è bagnabile.

Ashing / descumming: rimozione completa del fotoresist / dei suoi residui nei processi di microfabbricazione.

Bagnabilità: capacità di un liquido di distendersi su una superficie.

EDX (o EDS): microanalisi a raggi X associata al SEM, identifica gli elementi chimici presenti.

Energia superficiale: misura della "disponibilità" di una superficie a legarsi con un liquido; si esprime in mJ/m^2 .

mbar: unità di pressione; la pressione atmosferica vale circa 1.013 mbar.

sccm: centimetri cubi standard al minuto, unità di flusso del gas.

SEM: microscopio elettronico a scansione.

XPS (o ESCA): spettroscopia fotoelettronica a raggi X, analizza la chimica dei primi nanometri di una superficie.

LE NOSTRE SOLUZIONI

Progettati e costruiti a Binasco

G. Gambetti Kenologia progetta e produce in Italia sistemi al plasma per la ricerca e per l'industria, dal banco di laboratorio alla produzione.



Colibrì

MULTIPURPOSE PLASMA SYSTEM

Il plasma da banco essenziale per pulizia, attivazione e modifica delle superfici. Camera cilindrica in alluminio con elettrodo Dark-Shield, controllo a microcontrollore con display e tastiera. Ideale per Ricerca e Sviluppo e piccole produzioni.

Potenza	200 W
Frequenza	50 kHz (LF)
Camera	2 litri, Ø102 × L256 mm
Gas	1 linea, microregolatore inox
Ricette	9, editabili
Peso	16 kg



Tucano

LOW PRESSURE TABLE TOP PLASMA

Reattore da banco in configurazione capacitiva, alimentato in radiofrequenza. Camera in alluminio senza saldature, elettrodi piani paralleli Dark-Shield, PLC con touch screen a colori e lettura della tensione di bias.

Potenza RF	5 ÷ 200 W, passo 1 W
Frequenza	13,56 MHz
Camera	5,9 litri, Ø153 × L324 mm
Pressione	0,1 ÷ 1 mbar
Gas	2 linee MFC, 2 ÷ 50 sccm
Ricette	10, a 2 step



Falcon RIE+

PLASMA PER ETCHING · RIE & CLEANING

Due macchine in una: plasma cleaning con elettrodo superiore polarizzato e Reactive Ion Etching con elettrodo inferiore polarizzato, selezionabili da ricetta senza interventi meccanici. Per microfabbricazione, materiali 2D e ricerca di frontiera.

Modalità	RIE + Cleaning
Potenza RF	200 W, 13,56 MHz, step 1 W
Camera	≥ 14 litri
Wafer	5 ÷ 8"
Gas	O ₂ , Ar, N ₂ , SF ₆ , CF ₄ , forming gas
Vuoto	da atmosfera a 10 ⁻⁶ mbar

LETTERATURA SCIENTIFICA

Ricerche con i nostri reattori

Una selezione di articoli pubblicati tra il 2017 e il 2025 in cui università e centri di ricerca hanno utilizzato reattori Gambetti Kenologia. Accanto a ogni titolo, il sistema impiegato.

Adesione e incollaggio

C. Mandolino, "Polypropylene surface modification by low pressure plasma to increase adhesive bonding: effect of process parameters", *Surface and Coatings Technology*, 2019. Tucano

C. Mandolino et al., "Functionalization of neutral polypropylene by using low pressure plasma treatment: effects on surface characteristics and adhesion properties", *Polymers*, 2019. Gambetti Kenologia

C. Mandolino et al., "Influence of cold plasma treatment parameters on the mechanical properties of polyamide homogeneous bonded joints", *Surface and Coatings Technology*, 2017. Gambetti Kenologia

Rivestimenti e superfici funzionali

S. Ferraris et al., "Coupling of keratin with titanium: a physico-chemical characterization of functionalized or coated surfaces", *Surface and Coatings Technology*, 2020. Tucano

R. Sesia et al., "Exploitation of tannic acid as additive for the adhesion enhancement of UV-curable bio-based coating", *Progress in Organic Coatings*, 2024. Tucano

R. Sesia et al., "Natural tannin layers for the corrosion protection of steel in contact with water-based media", *Coatings*, 2024. Tucano

V. Marturano et al., "Light-responsive nanocapsule-coated polymer films for antimicrobial active packaging", *Polymers*, 2019. Tucano

Catalisi e ambiente

L. Pastor-Pérez et al., "Effect of cold Ar plasma treatment on the catalytic performance of Pt/CeO₂ in water-gas shift reaction (WGS)", *Applied Catalysis B: Environmental*, 2018. Tucano

M. J. García-Fernández et al., "Proposed mechanisms for the removal of nitrate from water by platinum catalysts supported on polyaniline and polypyrrole", *Applied Catalysis B: Environmental*, 2018. Tucano

J. J. Villora-Picó et al., "Conducting polymer-TiO₂ hybrid materials: application in the removal of nitrates from water", *Langmuir*, 2019. Tucano

Biomedicale e scienze della vita

V. Benedetti et al., "Engineered kidney tubules for modeling patient-specific diseases and drug discovery", *EBioMedicine*, 2018. Tucano

I. Tonazzini et al., "Neuregulin 1 functionalization of organic fibers for Schwann cell guidance", *Nanotechnology*, 2017. Tucano

A. R. Salgarella et al., "Optimal ultrasound exposure conditions for maximizing C2C12 muscle cell proliferation and differentiation", *Ultrasound in Medicine & Biology*, 2017. Colibrì

S. Jadavi et al., "Fluorescence labeling methods influence the aggregation process of α -syn in vitro differently", *Nanoscale*, 2023. Tucano

Microfluidica e sensori

F. Lopresti et al., "Green and integrated wearable electrochemical sensor for chloride detection in sweat", *Sensors*, 2022. Tucano

D. Pezzuoli et al., "Increased flexibility in lab-on-chip design with a polymer patchwork approach", *Nanomaterials*, 2019. Tucano

D. Pezzuoli et al., "Nanofluidic-based accumulation of antigens for miniaturized immunoassay", *Sensors*, 2020. Tucano

L. D. Garma et al., "Inkjet-printed PEDOT:PSS multi-electrode arrays for low-cost in vitro electrophysiology", *Lab on a Chip*, 2019. Colibrì

M. C. Ceccarelli et al., "Real-time monitoring of a 3D blood-brain barrier model maturation and integrity with a sensorized microfluidic device", *Lab on a Chip*, 2024. Colibrì

Robotica e materiali avanzati

I. Fiorello et al., "Climbing plant-inspired micropatterned devices for reversible attachment", *Advanced Functional Materials*, 2020. Colibrì

M. Martusciello et al., "Stretchable distributed Bragg reflectors as strain-responsive mechanochromic sensors", *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2024. Colibrì

M. Meiser et al., "Tribological studies of carbon fiber reinforced zirconium diboride based UHTCMC-material paired with carbon disk material", *Journal of the European Ceramic Society*, 2025. Colibrì

In sintesi

Efficace.

Energia superficiale fino a +250%, incollaggi più resistenti del materiale stesso.

Versatile.

Metalli, vetro, ceramiche, quasi tutti i polimeri, assiemi complessi.

Pulito.

Nessun solvente, nessun residuo, nessun refluo.

Economico.

Bassi costi operativi, cicli di pochi minuti.

Ripetibile.

Parametri controllati, risultati uniformi anche su geometrie 3D.

Avete un problema di adesione o di pulizia?

Inviateci i vostri campioni: definiremo insieme la ricetta di processo e verificheremo il risultato.

Per approfondire

E. M. Liston, L. Martinu, M. R. Wertheimer, "Plasma surface modification of polymers for improved adhesion: a critical review", *Journal of Adhesion Science and Technology*, 7 (1993) 1091-1127.

C.-M. Chan, T.-M. Ko, H. Hiraoka, "Polymer surface modification by plasmas and photons", *Surface Science Reports*, 24 (1996) 1-54.

S. Bhattacharya, A. Datta, J. M. Berg, S. Gangopadhyay, "Studies on surface wettability of poly(dimethyl) siloxane (PDMS) and glass under oxygen-plasma treatment and correlation with bond strength", *Journal of Microelectromechanical Systems*, 14 (2005) 590-597.

D. K. Owens, R. C. Wendt, "Estimation of the surface free energy of polymers", *Journal of Applied Polymer Science*, 13 (1969) 1741-1747.

CONTATTI

G. Gambetti Kenologia S.r.l.

Via Alessandro Volta 27, 20082 Binasco (MI), Italia

Tel. +39 02 90093082 | Fax +39 02 9052778

sales@gambetti.it

www.gambetti.it | www.plasmi.eu