



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA NUMERO	102007901490725
Data Deposito	05/02/2007
Data Pubblicazione	05/08/2008

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	05	C		

Titolo

METODO DI MARCATURA DI UN OGGETTO BASATO SU CENTRI DI COLORE

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:

"METODO DI MARCATURA DI UN OGGETTO BASATO SU CENTRI DI COLORE"

a nome di: Sincrotrone Trieste S.c.p.a.

con sede a: Basovizza (Trieste)

inventori designati: GREGORATTI Luca; DAL MIGLIO Matteo Maria

CAMPO DELL'INVENZIONE

La presente invenzione è relativa ad un metodo di marcatura di un oggetto consistente nell'applicazione su oggetti o su supporti da applicare su oggetti, di cui si vuole garantire l'autenticità o da catalogare, di un contrassegno ottenuto mediante la formazione con radiazioni ionizzanti di centri di colore su film di fluoruro di litio (LiF) depositati a pressione ambiente.

STATO DELLA TECNICA

Un Centro di Colore (*Colour Center* o CC) è un difetto in un solido cristallino costituito dalla vacanza di uno ione negativo in un sito del solido e dalla presenza di un elettrone nello stesso sito. Tali difetti hanno la capacità di assorbire della luce e di rendere colorati cristalli che normalmente sono trasparenti. Tali difetti possono essere ottenuti irraggiando il campione con una radiazione elettromagnetica o con un fascio ionizzante di opportune caratteristiche.

Molti sono i materiali sui quali è possibile creare un CC ma il più studiato in ambito scientifico è senz'altro il LiF. Infatti, è stata studiata la



formazione di CC in cristalli e film amorfi di LiF con vari tipi di irraggiamento: fotoni, elettroni, neutroni e ioni di varia natura. Il motivo per cui il LiF risulta il materiale più studiato risiede nel fatto che i principali tipi di CC che possono essere creati (denominati tecnicamente F_2 ed F_3^+) possono essere prodotti con una certa semplicità, in numero molto grande ed assorbono ed emettono radiazioni in bande visibili particolarmente favorevoli. Non ultimo il LiF è un materiale trasparente con determinate proprietà ottiche e teoricamente potrebbe avere diverse applicazioni anche se in pratica alcune sue caratteristiche (ad esempio l'alta igroscopicità) lo rendono poco appetibile per applicazioni "reali", rendendolo di difficile manipolazione.

Lo stato attuale della ricerca sui CC si concentra, come è possibile evincere dalle più recenti pubblicazioni sulle riviste scientifiche, sullo studio delle caratteristiche dei CC creati con le diverse sorgenti ionizzanti disponibili; i diversi parametri che ne caratterizzano la formazione infatti (e.g. densità, dettagli degli spettri di assorbimento e di emissione) cambiano a seconda delle caratteristiche della sorgente utilizzata per la formazione dei CC (M. Kumar, F. Singh, S. A. Khan, A. Tripathi, D. K. Avasthi and A. C. Pandey, "Studies of swift heavy ion induced colour centres in LiF thin films deposited in silica substrates", J. Phys. D: Appl. Phys. 39 (2006) 2935-2940). Sono presenti anche lavori mirati a possibili applicazioni dei CC come ad esempio la possibilità di generare guide d'onda formando "piste" di CC (R. M. Montereali and M. Piccinini, "Optical gain of F_2 colour centres in LiF confining structures realised by electron-beam lithography", Optics Communications 209 (2002) 201-208;



M. Cremona, J. A. M. Pereira, S. Pelli and G. C. Righini, "Optical waveguides produced in LiF by MeV ion beam bombardment", Appl. Phys. Lett. 81 (2002) 4103-4105).

In questi ambiti tuttavia le ricerche vengono svolte con strumenti spesso molto costosi e cercando di isolare il più possibile la misura da possibili interferenze dovute all'ambiente esterno. Ad esempio in molti casi si utilizzano cristalli di LiF al posto di film amorfi, in quanto i cristalli rappresentano degli insiemi ordinati di atomi con pochissime impurezze che possiedono proprietà intrinseche ben definite e che in molti casi è possibile predire teoricamente, mentre nei film amorfi queste possono dipendere dal grado di "disordine" degli atomi che li compongono. Inoltre le evaporazioni vengono effettuate in camere da vuoto (molto spesso in ambiente di ultra-alto-vuoto (UHV)), poiché questo garantisce che eventuali elementi gassosi presenti nell'atmosfera non si depositino sulla superficie o addirittura penetrino nei cristalli alterando le misurazioni, mentre l'irraggiamento dei campioni avviene nelle condizioni ottimali essenzialmente di pressione, temperatura, distanza. Tutte queste condizioni rendono molto difficile l'applicazione di questa tecnologia su larga scala in quanto impongono costi molto alti per l'attrezzatura tecnica necessaria, oltre che un'adeguata preparazione e manualità operativa dei tecnici preposti.

Un'altra possibile limitazione dell'utilizzo su larga scala deriva dal fatto che il LiF è riconosciuto essere pericoloso se ingerito in grandi quantità o se messo a contatto per lungo tempo con parti delicate del corpo, quali ad esempio gli occhi. Un suo utilizzo su larga scala o su beni di uso



Li

quotidiano deve prevedere perciò di operare in modo protetto onde evitare contaminazioni ambientali e la protezione finale dei film al fine di evitare il contatto con il film e/o la sua alterazione e/o asportazione dovuti a contatti accidentali.

Il problema di garantire l'autenticità di oggetti di pregio è molto sentito e molti sistemi anti-contraffazione sono stati proposti, per lo più su tecnologie di marcatura mediante laser.

Questo problema è particolarmente sentito nel settore della conservazione dei beni culturali, dove l'esigenza di disporre di sistemi identificativi di opere d'arte costituisce una necessità sia ai fini anti-contraffattivi che ai fini di catalogazione delle stesse.

Infatti, senza considerare la particolare delicatezza necessaria nel maneggiare questi manufatti, è molto difficile applicare sistemi anti-contraffattivi o di catalogazione su oggetti che devono essere esposti al pubblico e la cui visione non può essere "disturbata" da oggetti estranei. Evidentemente questo problema è maggiore nel caso di oggetti di piccole dimensioni, quali ad esempio monete, reperti archeologici, etc..

L'applicazione della tecnologia dei CC per la messa a punto di metodi di marcatura a scopo di anti-contraffazione o di catalogazione può essere adeguata a soddisfare la necessità di questo importante settore. Infatti, il LiF è un materiale trasparente che, se depositato in forma di film molto sottile, non altera le caratteristiche visibili dell'oggetto su cui è depositato. Su questo film tramite una radiazione ionizzante utilizzata come un sistema di scrittura o di disegno possono essere prodotti una scritta o un disegno in funzione di contrassegno (di seguito chiamato



di

anche marchio), ovvero possono essere creati dei CC solo su determinate zone che, qualora illuminate propriamente, emettono luce evidenziando la scritta o il disegno luminosi.

È quindi uno scopo della presente invenzione fornire un metodo di marcatura basato sullo sfruttamento della formazione di CC su film di LiF mediante l'impiego di radiazioni ionizzanti, in cui l'applicazione dei film di LiF e la successiva predisposizione del contrassegno sono attuate in condizioni blande e di facile applicazione.

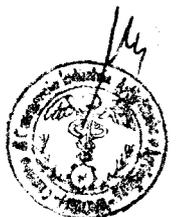
È un altro scopo della presente invenzione fornire un metodo di marcatura che preveda l'impiego di una strumentazione facilmente disponibile e con costi di gestione ragionevolmente contenuti.

SOMMARIO

Il metodo messo a punto dagli Inventori adempie agli scopi sopra menzionati, in quanto prevede il superamento di alcune limitazioni derivanti dall'impiego dei CC nelle condizioni in cui è usato in laboratori di ricerca dove le finalità sono prevalentemente scientifiche.

In un primo aspetto la presente invenzione fornisce quindi un metodo di marcatura di un oggetto comprendente almeno le fasi di:

- deposizione per evaporazione sull'oggetto o su un supporto da applicare all'oggetto da contrassegnare di un film di fluoruro di litio di almeno 20 nm di spessore ottenuto evaporando lo stesso a pressione atmosferica in un'atmosfera consistente in aria o azoto;
- irraggiamento del film di fluoruro di litio ottenuto in precedenza tramite un fascio di radiazioni ionizzanti aventi un'energia di



almeno 0.4 keV controllato con mezzi informatizzati per realizzare il contrassegno voluto.

Opzionalmente il metodo oggetto della presente invenzione comprende l'ulteriore fase di:

- rilevamento della presenza del contrassegno ottenuto precedentemente illuminando lo stesso tramite una sorgente luminosa emittente una luce blu-ultravioletta ed opzionalmente un filtro arancione.

In un secondo aspetto la presente invenzione fornisce un apparato per il metodo di marcatura di un oggetto comprendente:

- un porta-oggetti mobile dove posizionare l'oggetto o il supporto da applicare all'oggetto su cui si vuole realizzare il contrassegno;
- un evaporatore di fluoruro di litio formato da un crogiuolo atto a contenere lo stesso, mezzi per riscaldare il fluoruro di litio sino alla temperatura di evaporazione dello stesso e mezzi necessari alla calibrazione del flusso evaporato;
- uno strumento emittente un fascio di radiazioni ionizzanti aventi almeno un'energia di 0.4 keV controllato con mezzi informatizzati per la realizzazione del contrassegno mediante irraggiamento controllato del film di fluoruro di litio;

ed opzionalmente

- un sistema di rilevazione del contrassegno avente una sorgente luminosa nella regione del blu-ultravioletto ed eventualmente un filtro arancione per mascherare la luce blu-



ultravioletta diffusa e consentire la rilevazione della luce rosso-arancione emessa dal contrassegno caratterizzato dal fatto che il porta-oggetti mobile, l'evaporatore, lo strumento emittente le radiazioni ionizzanti sono contenuti in una camera capace di garantire la protezione dell'operatore e collegata a mezzi idonei per realizzare le condizioni di pressione e atmosfera controllate durante la fase di evaporazione e la fase di irraggiamento.

I vantaggi conseguibili con la presente invenzione risulteranno più evidenti, al tecnico del settore, dalla seguente descrizione dettagliata di forme di realizzazione particolari date a fini esemplificativi e non limitativi, con riferimento alle seguenti figure.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

Figura 1: La figura mostra a titolo esemplificativo una visione schematica di un'unica camera (1) collegata con i relativi mezzi (2) idonei ad ottenere le condizioni di pressione ed atmosfera perseguite, in cui sono posti per la realizzazione della marcatura: un dispositivo di evaporazione del LiF formato da un crogiuolo (6) per il LiF (5) collegato a un mezzo riscaldante (4); un oggetto da contrassegnare (7) posto su un porta-oggetti mobile (8) con opportuni mezzi idonei alla sua rotazione su di un asse longitudinale o trasversale; un mezzo per l'irraggiamento del film di LiF ottenuto con l'evaporazione (3). L'ampiezza della rotazione sull'asse longitudinale o trasversale del porta-oggetti mobile (8) dipende essenzialmente dalla posizione dei dispositivi di evaporazione e di irraggiamento ed è ottenibile con un manipolatore (non mostrato in



fi

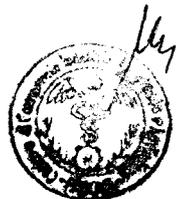
figura) che ne consente l'orientamento ottimale verso i due dispositivi menzionati a seconda della loro posizione.

Figura 2: la figura mostra a titolo esemplificativo una visione schematica della porzione di apparato in cui viene realizzato il processo di evaporazione e cioè dell'evaporatore in cui (5) è il LiF posto in un crogiuolo (6) il quale viene riscaldato mediante i mezzi riscaldanti (4) sino a 850°C, (7) è l'oggetto da contrassegnare, con la deposizione di un film di LiF vaporizzato, posto su un apposito porta-oggetti mobile (8).

Figura 3: la figura mostra a titolo esemplificativo una visione schematica della porzione di apparato con cui viene realizzato il processo di irraggiamento del film di LiF ed in particolare la figura mostra uno strumento in grado di emettere un fascio elettronico di opportuna potenza e cioè un cannone elettronico (3) posto in una camera (1) collegata con mezzi idonei ad ottenere il vuoto perseguito (2) posto ad opportuna distanza dall'oggetto da contrassegnare (7) posto a sua volta sul porta-oggetti mobile (8).

Figura 4: la figura mostra a titolo esemplificativo una visione schematica dell'apparato di rilevamento del contrassegno in cui (10) è una sorgente di luce eccitante che emette una radiazione nel blu-UV incidente sul film di LiF irraggiato (9) depositato sull'oggetto (7) e (11) è un sistema di rilevazione della radiazione fluorescente emessa dal contrassegno e (12) un filtro idoneo a selezionare la luce proveniente dal contrassegno.

Figura 5: la figura mostra a titolo esemplificativo una scritta realizzata su di un filo di nylon del diametro di 0.1 mm; il nome "ELETTRA" è stato inciso. La scritta più grande leggibile ha una dimensione di 8x36 μm ,



mentre quella più piccola che non è leggibile con questo ingrandimento ha una dimensione di $2 \times 10 \mu\text{m}$.

Figura 6: la figura mostra a titolo esemplificativo: a): fotografia del retro di una moneta di epoca romana su cui è stato realizzato il *coating* di LiF ed è stata realizzata la scritta, illuminata da luce naturale. b) la stessa moneta illuminata da luce blu-UV; la fotografia è stata ottenuta attraverso un filtro arancione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DELL'INVENZIONE

Il metodo di marcatura oggetto della presente invenzione è centrato sulla produzione di CC su film di fluoruro di litio (LiF) amorfo evaporato in modo da evitare l'uso di cristalli e di evitare l'utilizzo di sistemi in vuoto per la fase di deposizione del LiF. Le evaporazioni a pressione atmosferica hanno prodotto sorprendentemente risultati positivi, in particolare nel caso in cui l'atmosfera di evaporazione sia costituita da aria o da azoto. In questo modo i costi per la produzione del film vengono notevolmente abbattuti. D'altra parte l'utilizzo preferenziale di un cannone elettronico gestito da un computer per la realizzazione dei contrassegni, che richiede per il suo funzionamento nelle sue forme più economiche e quindi più adatte per un uso su larga scala, di un ambiente in vuoto, è giustificato dal fatto di poter realizzare qualunque tipo di contrassegno, sia in forma di scritta che di logo, dato che esso si comporta come un mezzo di scrittura o disegno ad esempio come un "pennello elettronico".

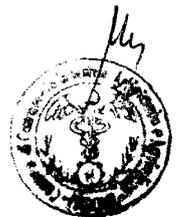
Il possibile utilizzo di questa tecnologia di marcatura su oggetti di particolare "pregio" è stata affrontata nel modo seguente. Poiché è noto



che il LiF è un materiale particolarmente inerte verso gli altri materiali, ma la certezza di questo nel caso di uno specifico materiale deve essere testata, sono state sviluppate due possibili varianti del metodo: a) la deposizione del LiF e la sua "scrittura" direttamente sull'oggetto (qualora le condizioni di sicurezza e stabilità siano verificate) e b) la produzione di contrassegni su substrati diversi da applicare successivamente all'oggetto in questione.

Questo poiché nell'ambito dei beni culturali (come in tutti gli ambiti degli oggetti di pregio) ogni settore dispone di una serie di materiali che sono "certificati" e che possono essere utilizzati con sicurezza. Ad esempio l'inserimento di un frammento di vetro tramite una particolare colla acrilica sulla tela di un dipinto è un processo autorizzato dagli enti responsabili, pertanto in questo caso la marcatura può essere effettuata su un supporto da applicare successivamente all'oggetto da contrassegnare. In questo caso quindi non ha più importanza indagare su quale sarà l'effetto del LiF sul materiale dell'oggetto sul lungo periodo. Analoghe considerazioni valgono nel caso della sicurezza del fascio di radiazioni ionizzanti utilizzato per la realizzazione del contrassegno e preferenziale per il metodo oggetto della presente invenzione; anch'esso nelle condizioni definite con il presente metodo è assolutamente "innocuo", anche se in taluni casi potrebbe essere preferibile un suo utilizzo non diretto sull'oggetto.

Il metodo di marcatura oggetto della presente invenzione comprendente le fasi di:



fe

- deposizione per evaporazione sull'oggetto o su un supporto da applicare all'oggetto da contrassegnare di un film di fluoruro di litio di almeno 20 nm di spessore ottenuto evaporando le molecole di LiF a pressione atmosferica ed in atmosfera consistente in aria o azoto;
- irraggiamento del film ottenuto tramite un fascio di radiazioni ionizzanti aventi un'energia di almeno 0.4 keV controllato con mezzi informatizzati per realizzare il contrassegno voluto;

ed opzionalmente l'ulteriore fase di:

- rilevamento della presenza del contrassegno ottenuto precedentemente illuminando lo stesso tramite una sorgente di luce blu-ultravioletta ed eventualmente filtrando la luce emessa tramite un filtro arancione

in alcune sue forme è realizzato alle condizioni dettagliatamente descritte di seguito con riferimento alle figure.

La figura 1 mostra una possibile configurazione di un apparato necessario per la realizzazione del metodo anti-contraffazione oggetto dell'invenzione. Tale apparato in questa sua realizzazione è costituito da un porta-oggetti mobile su cui porre l'oggetto da contrassegnare, un dispositivo per l'evaporazione del LiF e uno strumento idoneo per l'emissione di un fascio di radiazioni ionizzanti di adeguata energia. Tali dispositivi sono posti in un'unica camera (1) avente lo scopo di proteggere l'operatore e in cui possono essere realizzate le opportune condizioni di pressione ed atmosfera durante l'esecuzione della marcatura. Allo scopo la camera (1) è quindi collegata con i relativi mezzi



idonei ad ottenere le condizioni di pressione ed atmosfera perseguite (2) durante le due fasi di evaporazione ed irraggiamento. In particolare:

- il dispositivo di evaporazione del LiF è formato da un crogiuolo (6) per il LiF (5) collegato a un mezzo riscaldante (4);
- il mezzo per l'irraggiamento (3) del film di LiF, ottenuto con l'evaporazione, è uno strumento emittente un fascio elettronico come un cannone elettronico o uno strumento emittente un fascio di fotoni prodotto ad esempio da un sincrotrone;
- l'oggetto da contrassegnare (7) è posto su un porta-oggetti (8) mobile con opportuni mezzi idonei alla sua rotazione su di un asse longitudinale o trasversale, dipendendo tale rotazione sull'asse longitudinale o trasversale del porta-oggetti (8) sostanzialmente dalla posizione dei dispositivi di evaporazione e di irraggiamento ed essendo tale rotazione ottenibile con un manipolatore (non mostrato in figura) che consente l'orientamento ottimale verso i due dispositivi menzionati del porta-oggetti (8).

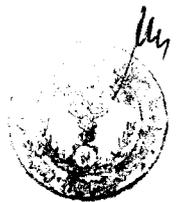
Tipicamente i mezzi (2) (non mostrati in figura) sono, come noto ad un tecnico del settore, pompe a vuoto e bombole di gas dotate di opportune valvole di chiusura ed apertura.

Tale strumento per l'irraggiamento del film di LiF è controllato con mezzi informatizzati (non mostrati in figura) per ottenere il contrassegno voluto.

Di seguito viene descritto il metodo di marcatura oggetto dell'invenzione nei suoi aspetti generali e particolari ed i risultati ottenuti con riferimento rispettivamente alle figure 2-4 e 5-6.



Con riferimento alla figura 2, l'oggetto (7) su cui si vuole realizzare il contrassegno è montato su di un porta-oggetti (8). Ad una distanza compresa tra 5 e 30 cm e preferibilmente di circa 8 cm viene posto l'evaporatore per il LiF che in una sua possibile realizzazione è formato da un foglio di una qualunque lega metallica resistente all'ossidazione ad alte temperature, quali ad esempio alcuni acciai comuni tipo Acciaio INOX AISI 310 o altri, o un metallo che non si ossidi facilmente alle alte temperature scelto tra il tantalio ed il molibdeno dello spessore compreso tra 0.05 mm e 0.3. mm e preferibilmente di 0.1 mm ripiegato su se stesso con la parte centrale allargata e le estremità saldate in modo da ottenere un piccolo "cestino" o crogiuolo (6). Il crogiuolo (6), che può avere in una sua possibile realizzazione delle dimensioni volumetriche comprese tra 0.2 e 1 cm³ e preferibilmente di circa 0.5 cm³, viene riempito con cristalli di LiF di dimensioni comprese tra 0.01 e 5 mm e preferibilmente di 0.5-2 mm per facilitare l'evaporazione. Polveri amorfe di LiF di dimensioni comparabili non incidono sostanzialmente sul processo di evaporazione dello stesso alle condizioni previste con il metodo anti-contraffazione oggetto dell'invenzione. Preferibilmente le estremità del crogiuolo (6) sono collegate ai poli di un generatore di corrente (4); questa scorrendo attraverso le pareti del crogiuolo lo riscalda in modo resistivo. La potenza necessaria per portare il crogiuolo (6) delle dimensioni sopra menzionate riempito di LiF ad una temperatura di almeno 850 °C (misurata tramite una termocoppia di tipo K) a pressione ambientale è di almeno 220W.



gi

Dimensioni del crogiuolo (6) e spessori maggiori delle pareti dello stesso sono possibili; in questo caso per ottenere l'evaporazione del LiF perseguita sarà necessario, come noto ad un tecnico del settore, applicare un'energia, ad esempio termica, superiore.

La misurazione della temperatura di evaporazione può essere effettuata in diversi modi noti, mentre la misurazione del flusso è controllata come d'uso tramite bilancia al quarzo. Con questi parametri il flusso di evaporazione misurato con una bilancia al quarzo alla distanza sopra menzionata risulta essere tra 0.2 e 3 Å/s e a questa distanza l'area coperta dal LiF risulta pari a circa 50 cm².

I film più sottili sui quali è stato possibile realizzare una scritta visibile hanno uno spessore di almeno 20 nm; l'intensità della scritta cresce al crescere dello spessore del film fino a raggiungere un massimo a circa 70 nm; spessori maggiori (anche sino a 200nm) non migliorano significativamente le proprietà del contrassegno, ma possono essere necessarie in funzione della rugosità dell'oggetto o del supporto su cui porre il contrassegno.

L'evaporazione può essere condotta sia in un'atmosfera consistente in aria o di un gas inerte come l'azoto.

Nel caso di evaporazione a pressione atmosferica in aria il crogiuolo (6) può essere di una qualunque lega metallica o di un metallo che non si ossidi (e quindi si spacchi) facilmente alle alte temperature, mentre nel caso in cui l'atmosfera sia di un gas inerte (azoto) la possibilità di ossidazioni è ridotta e quindi la scelta tra i metalli e/o le leghe metalliche



A handwritten signature or set of initials, possibly 'R.', located at the bottom right of the page.

si amplia. Il tantalio è comunque il materiale preferito tra i metalli prima menzionati.

Allo scopo di ottenere film di spessore compreso tra i 20 e i 200 nm, la velocità di evaporazione è compresa tra 0.2 Å/s fino a 3 Å/s e l'evaporazione è condotta per un tempo compreso tra 60 s e 170 min.

In generale film di questo spessore si attaccano naturalmente agli oggetti mediante la formazione di legami chimici o fisici tra il LiF ed i materiali; i test condotti su molti materiali e manufatti (vetri, plastiche, metalli, carta, monete, oggetti vari) hanno dimostrato che è possibile depositare sottili film di LiF (e successivamente realizzare il contrassegno) sulla maggior parte dei materiali.

In relazione allo spessore dei film, la rugosità superficiale degli oggetti potrebbe rivestire una grande importanza per un'efficace realizzazione del contrassegno a seguito dell'irraggiamento e quindi la buona riuscita, ad esempio di una scritta. I test effettuati su alcuni reperti archeologici (monete e fibbie antiche) hanno dimostrato comunque che anche su oggetti caratterizzati da un rugosità superficiale molto accentuata film dello spessore di 100-200 nm sono necessari per la realizzazione di un contrassegno di buona qualità.

Con riferimento alla figura 3, quando lo strumento emittente radiazioni ionizzanti (3) è un cannone elettronico, è necessario operare in condizioni di vuoto. In questo caso nella camera (1) viene realizzata una condizione di vuoto compreso tra 5×10^{-3} mbar e 5×10^{-7} mbar o il substrato su cui è stato depositato il film di LiF viene introdotto in una camera da vuoto almeno nello stesso regime di vuoto preferibilmente di



alto vuoto (HV) (pressione $<1 \times 10^{-4}$ mbar), dove è presente un cannone elettronico (3) il cui fascio può essere deviato in orizzontale ed in verticale in modo controllato. L'energia degli elettroni utilizzata per la realizzazione del contrassegno è compresa tra 1 e 5 keV e preferibilmente di 3 keV e la corrente di emissione del cannone è compresa tra 0.01 μA e 0.1 μA e preferibilmente pari a circa 0.05 μA . La distanza cannone/campione è dipendente dal tipo di cannone elettronico impiegato, essendo usualmente quella indicata dal produttore del cannone; nel caso specifico corrisponde alla distanza focale di 32 mm.

Il tempo di irraggiamento è strettamente legato alla qualità ed alla dimensione delle scritte che è possibile ottenere. Sovraesposizioni nell'irraggiamento, infatti, allargano la linea della scritta e ne modificano la struttura (non più una linea piena ma due linee parallele). Il risultato è una scritta confusa illeggibile. Sottoesposizioni invece non creano un numero sufficiente di CC per poter leggere agevolmente la scritta. Il tempo di irraggiamento è legato sia all'energia del fascio elettronico che alla corrente di emissione del cannone utilizzati. Per gli scopi della presente invenzione il tempo di irraggiamento per ogni punto della scritta è compreso tra 1 e 30 s e preferibilmente è pari a 10 s.

Un altro aspetto particolarmente importante per la qualità del marchio è la dimensione dello spot del fascio di radiazioni ionizzanti che deve essere compreso tra 200 nm e 2 mm e preferibilmente di 80 μm .

Sempre con riferimento alla figura 2, quando lo strumento emittente radiazioni ionizzanti (3) è la radiazione di Sincrotrone (e quindi il fascio ionizzante è di fotoni), è necessario operare in condizioni di alto vuoto. In



questo caso il substrato su cui è stato depositato il film di LiF viene introdotto in una camera da vuoto (1) in regime di compreso tra 1×10^{-11} mbar e 5×10^{-6} mbar e preferibilmente di ultra alto vuoto (UHV) (pressione $< 10^{-9}$ mbar) dove è presente un fascio di radiazione di sincrotrone che può essere deviato in orizzontale ed in verticale in modo controllato. L'energia dei fotoni utilizzata per la realizzazione del contrassegno è compresa tra 0.4 e 1.2 keV e preferibilmente di 0.65 keV e la densità di fotoni sul campione è compresa tra 10^{17} e 10^{20} fotoni/s/cm² e preferibilmente è pari a circa 10^{19} fotoni/s/cm². Il sistema utilizzato prevede la focalizzazione del fascio di fotoni tramite lenti di Fresnel (Zone Plates) per cui le scritte vanno realizzate alla distanza focale che nel caso specifico è pari a 10 mm. Per gli scopi della presente invenzione il tempo di irraggiamento per ogni punto della scritta è compreso tra 10 e 100 ms e preferibilmente è pari a 10 ms. La dimensione dello spot di fotoni, che determina la dimensione del contrassegno, può essere variato cambiando il tipo di lente focalizzante, tipicamente ha valori compresi tra 200 nm e 5 μ m.

A titolo di esempio si menziona che con il metodo oggetto dell'invenzione può essere realizzata la zona con CC più piccola mai realizzata e che ha le dimensioni di circa 300-400 nm, questo risultato è stato ottenuto con una sorgente ionizzante che aveva una dimensione ben più piccola (qualche decina di nm). La ragione di ciò è che il processo fisico di creazione dei CC allarga automaticamente le dimensioni spaziali. Volendo indicare l'intervallo di dimensioni dello spot di radiazione ionizzante utilizzabile per il metodo di marcatura dell'invenzione si



possono indicare i 200 nm (nel caso della radiazione di Sincrotrone) come limite inferiore e i 2 mm come larghezza massima ottenuta con il cannone elettronico (corrispondente ad un intervallo di larghezza delle zone con i CC tra 500 nm e 2 mm). A tutti gli effetti comunque, la dimensione del fascio (eccetto il caso limite inferiore dei 200 nm) viene scelta in base alla dimensione del contrassegno che si vuole realizzare.

Lo strumento emittente il fascio di radiazioni ionizzanti (3) viene controllato da un computer (non mostrato in figura) che, utilizzandolo come un mezzo di scrittura o un pennello, consente di realizzare contrassegni in forme di caratteri e loghi.

Le zone del film di LiF irraggiate dal fascio di radiazioni ionizzanti risultano indistinguibili alla luce naturale dal resto del film.

Il sistema per la rilevazione delle scritte è schematizzato nella figura 4. L'oggetto o il supporto (7) con il film di LiF (9) irraggiato viene illuminato da una sorgente (10) che emette nella regione del blu-ultravioletto (lunghezza d'onda < 460 nm); la parte di film irraggiata emetterà luce nella regione spettrale del rosso (600-700 nm) rilevata con uno strumento (11), ad esempio un microscopio a fluorescenza, per contrassegni non visibili ad occhio nudo. Lo schermo arancione (12) è opzionale e serve nel caso il marchio venga osservato ad occhio nudo a mascherare la luce diffusa dalla sorgente illuminante (10) che altrimenti copre la luce emessa dallo stesso. L'utilizzo di una sorgente blu-UV è legato al fatto che lo spettro di assorbimento tipico dei centri di colore F_2 ed F_3^+ creati nel LiF è centrato a circa 450-460 nm.



A handwritten signature or mark, possibly a stylized 'G' or similar, located at the bottom right of the page.

Ogni sistema di CC è caratterizzato da un suo spettro di assorbimento e da uno di emissione. Un metodo ulteriore per verificare l'originalità del marchio è quello di misurare o lo spettro di assorbimento (possibile solo se il film è depositato su substrati trasparenti) o quello di emissione (possibile con tutti i sistemi) che risulta caratteristico di quel sistema. Esistono commercialmente sistemi che misurano questi spettri.

Un sistema di lettura della scritta si basa sull'utilizzo di un microscopio ottico dove la sorgente di luce convenzionale è sostituita da una lampada a vapori di mercurio che è caratterizzata da uno spettro di emissione esteso nella regione ultravioletta. Questo tipo di microscopi è di solito dotata di filtri che consentono di selezionare una particolare banda luminosa. L'obiettivo focalizzato del microscopio che in genere sia convoglia la luce eccitante sul campione sia ne rileva la luce emessa evita di avere una luce di background molto diffusa e quindi la necessità del filtro arancione.

Per i marchi più grandi leggibili ad occhio nudo il mezzo di rilevazione può essere un sistema molto economico basato su di un led a stato solido in grado di fornire una potenza massima di 1 W con una emissione centrata a 460 nm (blu reale) alimentato da due batterie AA da 1.5V in grado di determinare un'alimentazione di 3.0 V sufficiente ad alimentare il led; il dispositivo può essere inoltre corredato da una piccola lente per la focalizzazione della luce. Come filtro può essere utilizzato un foglio di plastica trasparente (materiale Kapton) di colore arancione.



Un suo utilizzo su larga scala o su beni di uso quotidiano ad esempio può prevedere la protezione dei film al fine di evitare il contatto con il film di LiF e/o l'involontaria asportazione. Tale protezione può essere ottenuta mediante l'incollaggio di un secondo substrato trasparente (vetro o plastica) tramite una comune colla acrilica o resine silconiche trasparenti. Tale ulteriore trattamento non comporta nessuna alterazione del film di LiF e del contrassegno.

Parte sperimentale

L'attività sperimentale di convalida delle iscrizioni effettuate su film di fluoruro di litio (LiF) ha previsto l'allestimento di un apparato sperimentale per regimi di vuoto e basso vuoto necessario per l'evaporazione dei film di LiF e per la produzione di scritte tramite cannone elettronico.

L'apparato sperimentale utilizzato per l'evaporazione di LiF a pressioni atmosferiche è costituito da una camera da vuoto attrezzata con una piccola pompa turbomolecolare che le consente di arrivare ad una pressione base di circa 10^{-7} mbar e con una valvola che consente di sezionare le pompe e di lasciare l'apparato in vuoto statico (ovvero non pompato). Un apparato di questo tipo allo stato dell'arte consente di mantenere, qualora venga meno il pompaggio, un ambiente HV anche per giorni nello stesso regime di pressione. La camera è inoltre dotata di una valvola collegata di volta in volta ad una bombola del gas prescelto per regolare l'immissione dello stesso nella camera. Agendo su questa valvola è possibile quindi "riempire" l'apparato in vuoto statico con il gas prescelto alla pressione atmosferica e di mantenere il sistema in queste



condizioni. Come misuratore di pressione è stato utilizzato un sensore di tipo Pirani capace di misurare pressioni atmosferiche.

In tale camera è posto un manipolatore dei campioni per oggetti con grandezze fino a circa 20x20 mm² e spessori fino a 10 mm, mentre l'evaporatore di LiF è costituito da un foglio di Ta dello spessore di 0.1 mm ripiegato su se stesso, la parte centrale allargata e le estremità saldate in modo da ottenere un piccolo "cestino" (crogiuolo). Le estremità sono state collegate ai poli di un generatore di corrente; questa scorrendo attraverso le pareti del crogiuolo lo riscalda in modo resistivo tramite una resistenza in tungsteno.

La potenza necessaria per portare il crogiuolo riempito di LiF ad una temperatura di almeno 850 °C a pressione ambientale è di circa 220W. Nel caso di pressioni più alte del regime HV a parità di temperatura è necessario aumentare la potenza impiegata poiché il maggior numero di molecole presenti nell'atmosfera attorno al crogiuolo ne facilita il raffreddamento. A titolo d'esempio per riscaldare lo stesso crogiuolo alla stessa temperatura ma in ambiente HV è necessaria una potenza di 140W. Nel caso dei 4 gas testati a pressione atmosferica (aria, azoto, elio, argon) la potenza necessaria è stata praticamente la stessa per tutti e quattro i gas.

Anche in questo caso le temperature sono state monitorate con una termocoppia di tipo K. Il crogiuolo delle dimensioni volumetriche di circa 0.5 cm³ è stato riempito con il LiF delle dimensioni massime di 1 mm; tale quantitativo era sufficiente per evaporare circa 1 µm di LiF.



A parità di condizioni di evaporazione anche la quantità di LiF che può essere evaporata sul campione diminuisce nel caso in cui l'atmosfera di evaporazione sia più "densa" questo perché le molecole di LiF incontrano più ostacoli nel loro cammino verso il campione e quindi possono esaurire la loro energia cinetica prima di raggiungere l'obiettivo. Per questo motivo è stato necessario avvicinare il campione a circa 8 cm dall'evaporatore ed aumentare il tempo di evaporazione rispetto alle condizioni in HV. A questa distanza la velocità di deposizione è praticamente la stessa che c'è nel sistema HV ad una distanza campione-evaporatore di 19 cm pari a circa 1 Å/s.

Lo spessore dei film di LiF realizzati vanno da circa 20 nm a 200 nm; sotto i 20 nm le scritte non sono più visibili, mentre spessori più grandi di 70 nm non migliorano la qualità delle scritte. Gli spessori sono stati misurati tramite microscopia AFM. Grazie all'utilizzo di una bilancia al quarzo dopo l'iniziale calibrazione è stato possibile riprodurre gli spessori nelle varie operazioni in modo accurato. La temperatura sui campioni a causa della vicinanza dell'evaporatore di LiF durante la fase di evaporazione è di circa 80 °C.

Successivamente i film di LiF depositi per evaporazione sono stati irraggiati con cannone elettronico posto alla distanza focale di 32 mm dalla superficie del campione e montato a 90° rispetto all'evaporatore. Con una semplice rotazione del manipolatore è quindi possibile passare dalla fase di evaporazione a quella di scrittura. Il cannone utilizzato è prodotto dalla SPECS GmbH (modello EQ 22). Le dimensioni del fascio elettronico prodotto da questo cannone nei parametri utilizzati è di circa



80 μm ; questo ovviamente determina la larghezza delle scritte che è possibile realizzare con questo strumento.

Durante i test iniziali sono stati tarati i parametri del cannone elettronico ed il tempo di esposizione. Questi parametri sono risultati sostanzialmente indipendenti dallo spessore del film di LiF da irraggiare.

Allo scopo di validare il metodo oggetto dell'invenzione sono state eseguite diverse prove sperimentali secondo 2 modalità distinte a seconda della tipologia di oggetti da marchiare e delle difficoltà tecniche incontrate:

- a) direttamente sull'oggetto
- b) su un supporto esterno da applicare successivamente all'oggetto.

Sono stati prodotti campioni di diversa natura (Si, placche metalliche, plastiche) con evaporazioni di LiF ottenute a pressioni atmosferiche di aria, azoto, elio ed argon. Per il confronto diretto sono stati utilizzati campioni monocristallini di Si in modo da avere lo stesso supporto per tutte le evaporazioni. Le scritte su questi campioni sono state poi effettuate in ambiente HV.

Il controllo delle scritte è stato effettuato con un microscopio ottico in fluorescenza di piccole dimensioni capace di una risoluzione spaziale superiore a quella utilizzata per le scritte.

I campioni prodotti evaporando LiF in aria o azoto hanno confermato la presenza delle scritte caratterizzate dalla stessa intensità delle corrispondenti prodotte in HV. Solo un'analisi più attenta effettuata al microscopio ottico ha rilevato una struttura della forma di riga più uniforme e meno puntinata.



Je'

I campioni prodotti in atmosfere di elio ed argon (nonostante i maggiori tempi di evaporazione) non hanno rilevato la presenza di alcuna scritta. Nella seguente tabella è riportato un riassunto dei risultati ottenuti alle diverse condizioni di evaporazione indicate.

<i>atmosfera</i>	<i>pressione</i>	<i>tempo</i>	<i>risultati</i>
Aria	5.4×10^2 mbar	20min	Scritte visibili e diverse da quelle ottenute in vuoto presentando una struttura più uniforme e meno puntinata
N ₂	3.8×10^2 mbar	20min	Scritte visibili e diverse da quelle ottenute in vuoto presentando una struttura più uniforme e meno puntinata
He ₂	5.4×10^2 mbar	40min	Nessuna scritta visibile
Ar	5.4×10^2 mbar	45min	Nessuna scritta visibile

I primi test di evaporazione dei film di LiF e di realizzazione dei marchi hanno dimostrato come le superfici di diversi oggetti possano subire i



vari processi necessari alla realizzazione ad esempio di scritte in modo assolutamente trasparente.

Vista la quasi totale assenza di protocolli per l'impiego di questi marchi sui beni culturali, è stato deciso di produrre un certo numero di marchi di dimensione e supporto diversi da testare direttamente sui manufatti durante le quotidiane attività inerenti al restauro ed alla conservazione degli stessi. Per questo motivo sono stati preparati 5 marchi in vetro sottile (0.1 mm) di piccole dimensioni (10-30 mm²) protetti da altrettanti vetrini, 4 supporti in plastica sottile (0.2 mm) di piccole dimensioni (10-20 mm²) ed alcuni fili sottili di nylon (diametro 0.1 mm) con scritte molto piccole.

Le scritte sono state realizzate in due formati diversi: scritte grandi e scritte piccole. Le scritte grandi sono formate da 5 numeri ognuno dei quali delle dimensioni di 1x0.5 mm² e illuminate con una lampada blu-UV sono facilmente leggibili ad occhio nudo; le scritte piccole, invece, sono formate dagli stessi 5 numeri ognuno dei quali delle dimensioni di 0.6x0.3 mm², questi numeri sono più facilmente leggibili con un microscopio in fluorescenza. Sono stati realizzati alcuni marchi utilizzando la radiazione di sincrotrone con la quale è possibile ottenere scritte molto piccole. In particolare è stato inciso un codice alfanumerico su alcuni fili di nylon del diametro di 0.1 mm ricoperti di LiF; le scritte hanno una dimensione uguale o inferiore a 8x32 µm². La scritta fluorescente realizzata su di un filo è mostrata nella figura 5.

Inoltre, sono state eseguite diverse prove su diverse monete, sia antiche che moderne, che nella quasi totalità dei casi hanno prodotto scritte di

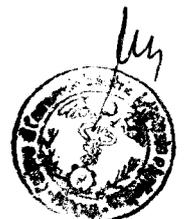


buona qualità. A titolo di esempio dei marchi ottenibili con il presente metodo sono riportate in figura 6 immagini di scritte realizzate su una moneta di epoca romana come appaiono alla luce visibile e sotto illuminazione blu-UV. E' ben visibile la serie dei 5 numeri.

I materiali utilizzati come supporto per le scritte da applicare successivamente agli oggetti testati nel corso di questa convalida sono stati essenzialmente vetro e plastiche in quanto materiali adatti all'impiego nei beni culturali. Per i test sono stati utilizzati vetrini commerciali di piccolo spessore (0.1 mm) e diversi tipi plastiche di spessori diversi (PET, PC, polipropilene, con spessori da 1 mm a 0.012 mm). Tutti questi materiali sono stati utilizzati nella loro conformazione originale ovvero post-produzione; nessuna particolare procedura di pulizia o di alterazione della superficie (tipicamente *smoothing* superficiale) è stata applicata. Queste superfici erano comunque caratterizzate da una bassa rugosità superficiale: poche decine di nanometri per le plastiche e poche centinaia di nanometri per il vetro.

I processi di deposizione di LiF e di realizzazione delle scritte sui vari materiali (comprese le monete antiche) hanno dimostrato la neutralità di questi processi; i film di LiF nella gamma di spessori utilizzati nelle prove (da 20 a 200 nm) sono praticamente invisibili e non alterano la chimica superficiale dei campioni, le scritte realizzate con cannoni elettronici e con radiazione di sincrotrone non modificano minimamente dal punto di vista chimico e/o morfologico i campioni irraggiati.

A distanza di 10 mesi, dopo numerosi test di scrittura e successive cancellazioni non sono state osservate variazioni sulla superficie delle



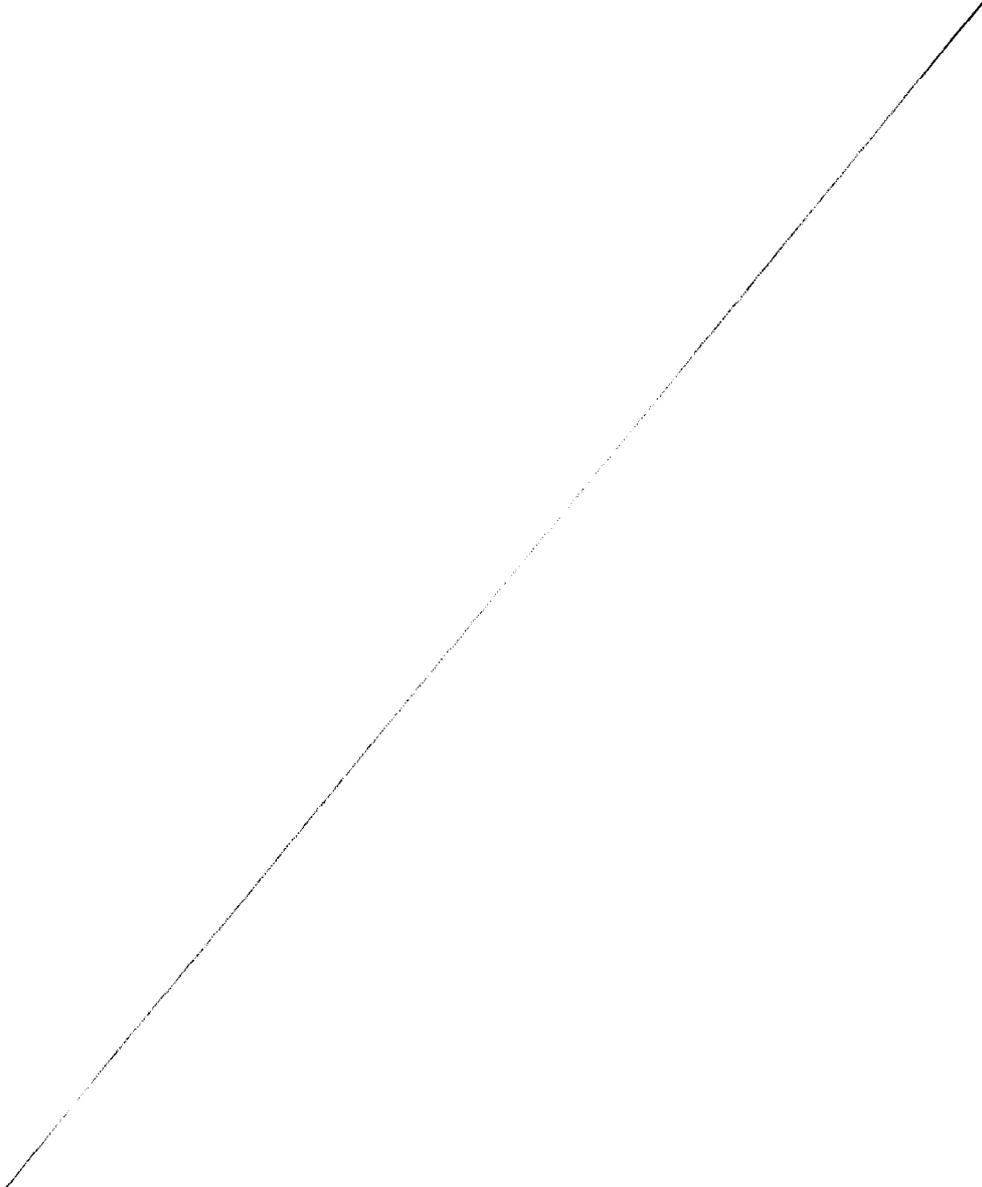
monete. La rimozione del film di LiF avviene tramite sfregamento meccanico con carta o cotone. Nel caso di marchi supportati esistono dei materiali di fissaggio (colle) il cui uso è ammesso per questi beni di pregio. In particolare è stata testata una colla acrilica che è possibile applicare anche sui lati esposti delle pitture che si è dimostrata perfettamente compatibile con le scritte ed i film di LiF. Inoltre è stato possibile rimuovere la colla con particolari solventi (anch'essi utilizzati dai restauratori) lasciando inalterato il marchio.

I marchi supportati da film di plastica e vetro sono stati sottoposti a test di temperatura e umidità controllate: a) 4h a $T=80\pm 2^{\circ}\text{C}$; b) 4h a $T=40\pm 2^{\circ}\text{C}$ ed umidità relativa $f=90\%$; c) 16h a $T=-20\pm 2^{\circ}\text{C}$. L'intensità e la forma delle scritte è stata misurata prima e dopo l'esecuzione dei test non rilevando alcuna modifica. Molti altri test "empirici" sono stati eseguiti per testare i marchi nell'uso "quotidiano" ad esempio esponendoli alle condizioni climatiche ambientali, attaccandoli e staccandoli più volte dagli oggetti, maneggiandoli frequentemente, etc.; questi test hanno dato esiti molto positivi confermando la robustezza e la stabilità dei marchi.

Tuttavia volendo evitare qualunque rischio potenzialmente derivante dal LiF, il metodo più semplice è proteggere un marchio con un pezzo uguale di substrato; per esempio un vetrino su cui è stata realizzata una scritta con un altro vetrino incollati con una colla trasparente; oppure un substrato di plastica con un altro substrato di plastica volendo mantenerne la flessibilità. Tutte queste soluzioni hanno la proprietà di proteggere totalmente le scritte e di aumentarne il tempo di vita oltre che di evitare un contatto accidentale con il LiF. Sono state provate anche



alcune resine organiche convalidate per il contatto umano ed utilizzate nell'industria elettronica depositate per *spin-coating* sulle scritte; dopo l'indurimento delle resine le scritte erano ancora visibili.



RIVENDICAZIONI

1. Metodo di marcatura di un oggetto comprendente almeno le fasi di:
 - deposizione per evaporazione sull'oggetto o su un supporto da applicare all'oggetto da contrassegnare di un film di fluoruro di litio di almeno 20 nm di spessore ottenuto evaporando lo stesso a pressione atmosferica;
 - irraggiamento del film di fluoruro di litio ottenuto in precedenza tramite un fascio di radiazioni ionizzanti aventi un'energia di almeno 0.4 keV controllato con mezzi informatizzati per realizzare il contrassegno voluto.
2. Metodo secondo la rivendicazione 1 comprendente l'ulteriore fase di:
 - rilevamento della presenza del contrassegno ottenuto illuminando lo stesso tramite una sorgente luminosa emittente una luce blu-ultravioletta.
3. Metodo secondo la rivendicazione 1 comprendente le ulteriori fasi di:
 - rilevamento della presenza del contrassegno ottenuto illuminando lo stesso tramite una sorgente luminosa emittente una luce blu-ultravioletta;
 - controllo dell'autenticità del contrassegno mediante misurazione dello spettro di assorbimento o di emissione dello stesso.



4. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui il film di litio fluoruro avente uno spessore compreso tra 20 e 200 nm è ottenuto in un'atmosfera consistente in aria o azoto:
 - evaporando fluoruro di litio con una velocità di flusso compresa tra 0.2 Å/s fino a 3 Å/s per un tempo compreso tra di 60 sec. e 170 min;
 - ponendo l'oggetto od il supporto da contrassegnare ad una distanza compresa tra 5 e 30 cm dall'evaporatore.
5. Metodo secondo la rivendicazione 4, in cui il film di litio fluoruro è ottenuto:
 - evaporando fluoruro di litio con una velocità di flusso di 1 Å/s;
 - ponendo l'oggetto od il supporto da contrassegnare ad una distanza di 8 cm dall'evaporatore.
6. Metodo secondo le rivendicazioni 4 e 5, in cui il litio fluoruro ha una granulometria compresa tra 0.01 e 5 mm.
7. Metodo secondo la rivendicazione 6, in cui il litio fluoruro ha una granulometria di 0.5-2 mm.
8. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui l'irraggiamento è ottenuto in condizioni di vuoto compreso tra 5×10^{-3} e 5×10^{-7} mbar con un fascio di radiazioni ionizzanti aventi un'energia compresa tra 1 e 5 keV emesso da un cannone elettronico con una corrente di emissione compresa tra 0.01 e 0.1 μA .
9. Metodo secondo la rivendicazione 8, in cui l'irraggiamento è ottenuto in condizioni di vuoto di $< 1 \times 10^{-4}$ mbar con un fascio di



A handwritten signature, possibly 'R.', located at the bottom right of the page.

radiazioni ionizzanti aventi un'energia di 3 keV emesso da un cannone elettronico con una corrente di emissione di 0.05 μ A.

10. Metodo secondo le rivendicazioni 8 e 9, in cui l'irraggiamento è ottenuto per un tempo compreso tra 1 e 30 s.
11. Metodo secondo la rivendicazione 10, in cui l'irraggiamento è ottenuto per un tempo di 10 s.
12. Metodo secondo le rivendicazioni 8 e 9, in cui il fascio di radiazioni ionizzanti ha dimensioni comprese tra 200 nm e 2 mm.
13. Metodo secondo la rivendicazione 12, in cui il fascio di radiazioni ionizzanti ha dimensioni di 80 μ m.
14. Metodo secondo la rivendicazione 1, in cui l'irraggiamento è ottenuto in condizioni di vuoto compreso tra 1×10^{-11} e 5×10^{-6} mbar con un fascio di radiazioni ionizzanti aventi un'energia compresa tra 0.4 e 1.2 keV con una densità compresa tra 10^{17} e 10^{20} fotoni/s/cm² emesso da un sincrotrone.
15. Metodo secondo la rivendicazione 14, in cui l'irraggiamento è ottenuto in condizioni di vuoto $< 10^{-9}$ mbar con un fascio di radiazioni ionizzanti aventi un'energia di 0.65 keV con una densità di 10^{19} fotoni/s/cm² emesso da un sincrotrone.
16. Metodo secondo le rivendicazioni 14 e 15, in cui il tempo di irraggiamento per ogni punto del contrassegno è compreso tra 10 e 100 ms.
17. Metodo secondo la rivendicazione 16, in cui il tempo di irraggiamento per ogni punto del contrassegno è di 10 ms.



A handwritten signature, possibly 'R.', located at the bottom right of the page.

18. Metodo secondo le rivendicazioni 14 e 15, in cui la dimensione dello spot di fotoni è compreso tra 200 nm e 5 μ m.
19. Metodo secondo le rivendicazioni 2 e 3, in cui il contrassegno è rilevato mediante un microscopio a fluorescenza.
20. Metodo secondo le rivendicazioni 2 e 3, in cui il contrassegno è rilevato mediante uno strumento emittente una luce nella regione del blu-ultra violetto che illumina il contrassegno ed un filtro arancione.
21. Apparato per il metodo di marcatura di un oggetto secondo la rivendicazione 1 comprendente:
 - un porta-oggetti mobile dove posizionare l'oggetto o il supporto da applicare all'oggetto su cui si vuole realizzare il contrassegno;
 - un evaporatore di fluoruro di litio formato da un crogiuolo atto a contenere lo stesso, mezzi per riscaldare il fluoruro di litio sino alla temperatura di evaporazione dello stesso e mezzi necessari alla calibrazione del flusso evaporato;
 - uno strumento emittente un fascio di radiazioni ionizzanti aventi un'energia almeno di 0.4 keV controllato con mezzi informatizzati per la realizzazione del contrassegno mediante irraggiamento controllato del film di fluoruro di litio;

caratterizzato dal fatto che

il porta-oggetti mobile, l'evaporatore, lo strumento emittente le radiazioni ionizzanti sono contenuti in una camera di protezione collegata a mezzi idonei per realizzare le condizioni di pressione e



fi

atmosfera controllate durante la fase di evaporazione e la fase di irraggiamento per il metodo.

22. Apparato secondo la rivendicazione 21 atto a realizzare il metodo di marcatura secondo una delle rivendicazioni 4-18.
23. Apparato secondo la rivendicazione 21 atto a realizzare il metodo secondo la rivendicazione 20, comprendente ulteriormente:
- un led a stato solido capace di fornire una potenza massima di 1W con una emissione centrata a 460 nm alimentato da batterie;
 - una lente di focalizzazione della luce;
 - un filtro arancione.

(SL/EM/pd)

Padova, 5 febbraio 2007

p. Sincrotrone Trieste S.c.p.a.

Il mandatario

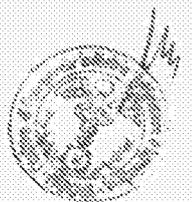
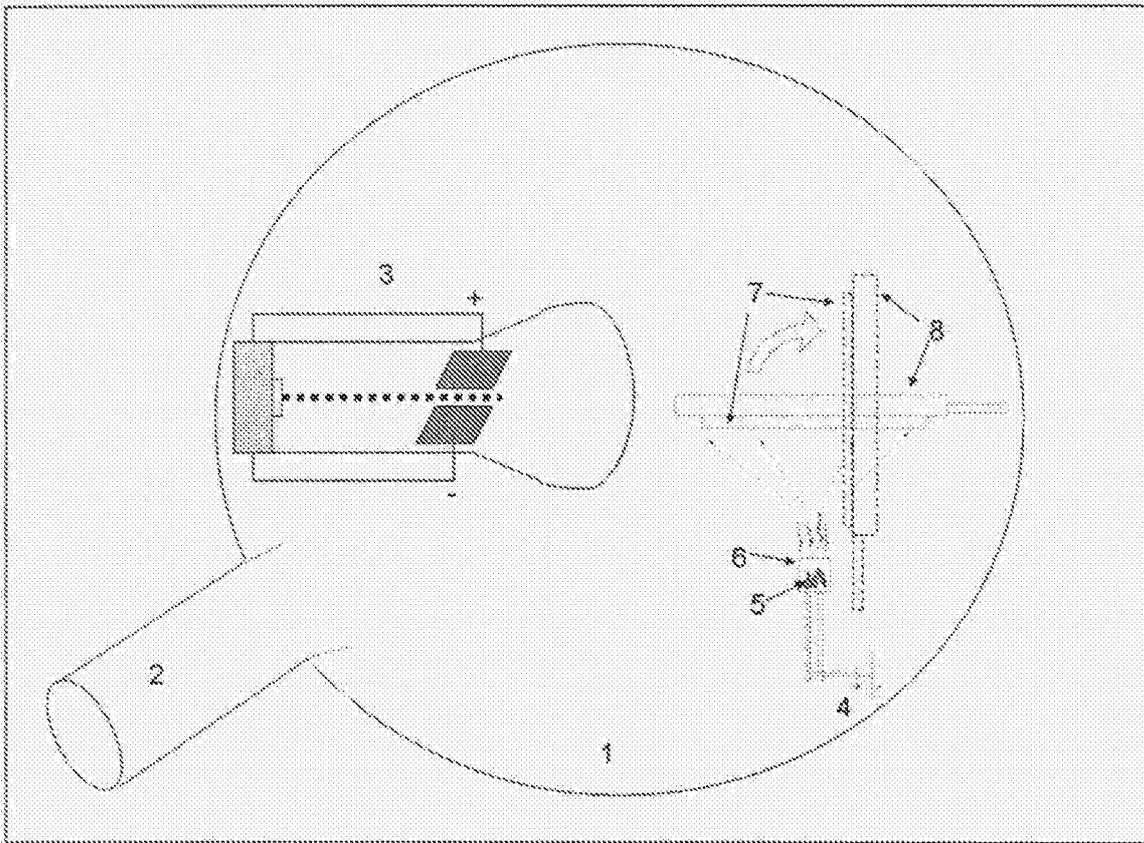


Silvana Lorenzi

Notarbartolo & Gervasi S.p.a.

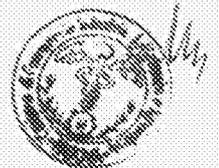
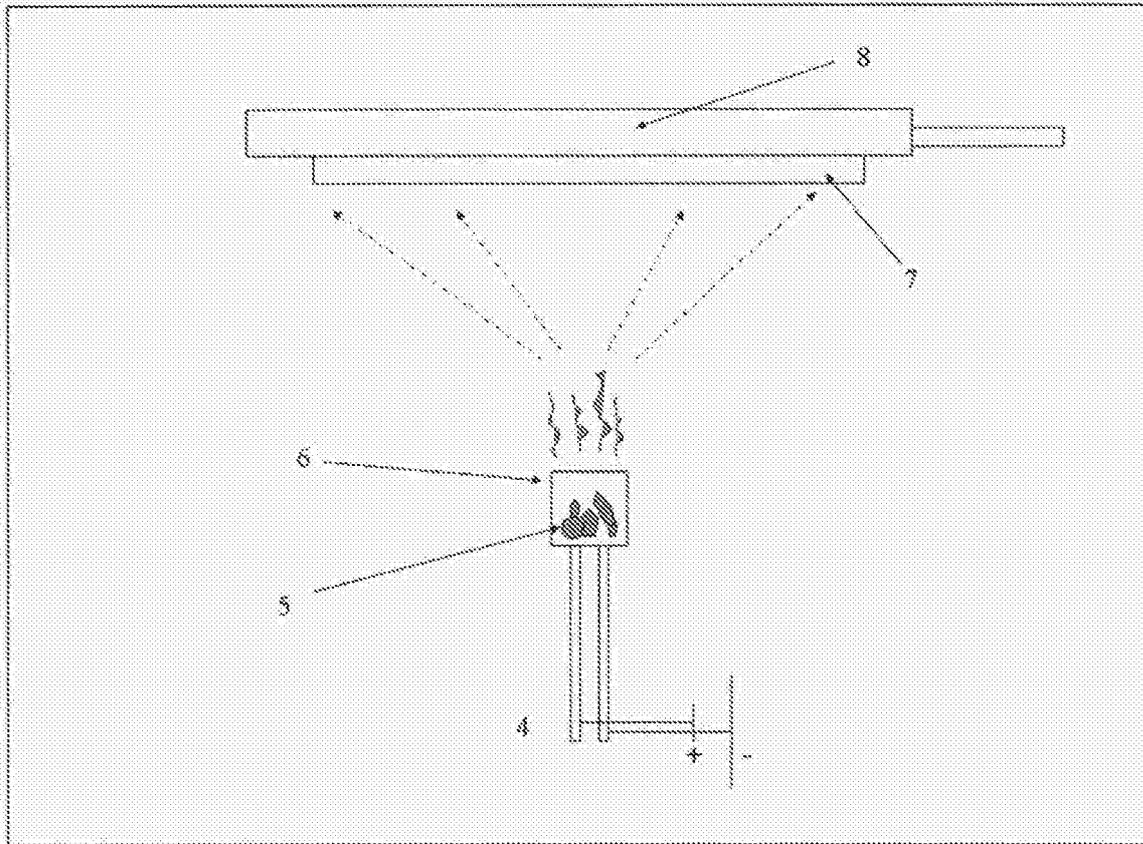


FIGURA 1



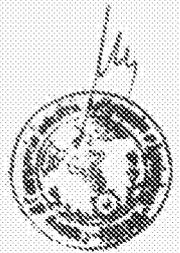
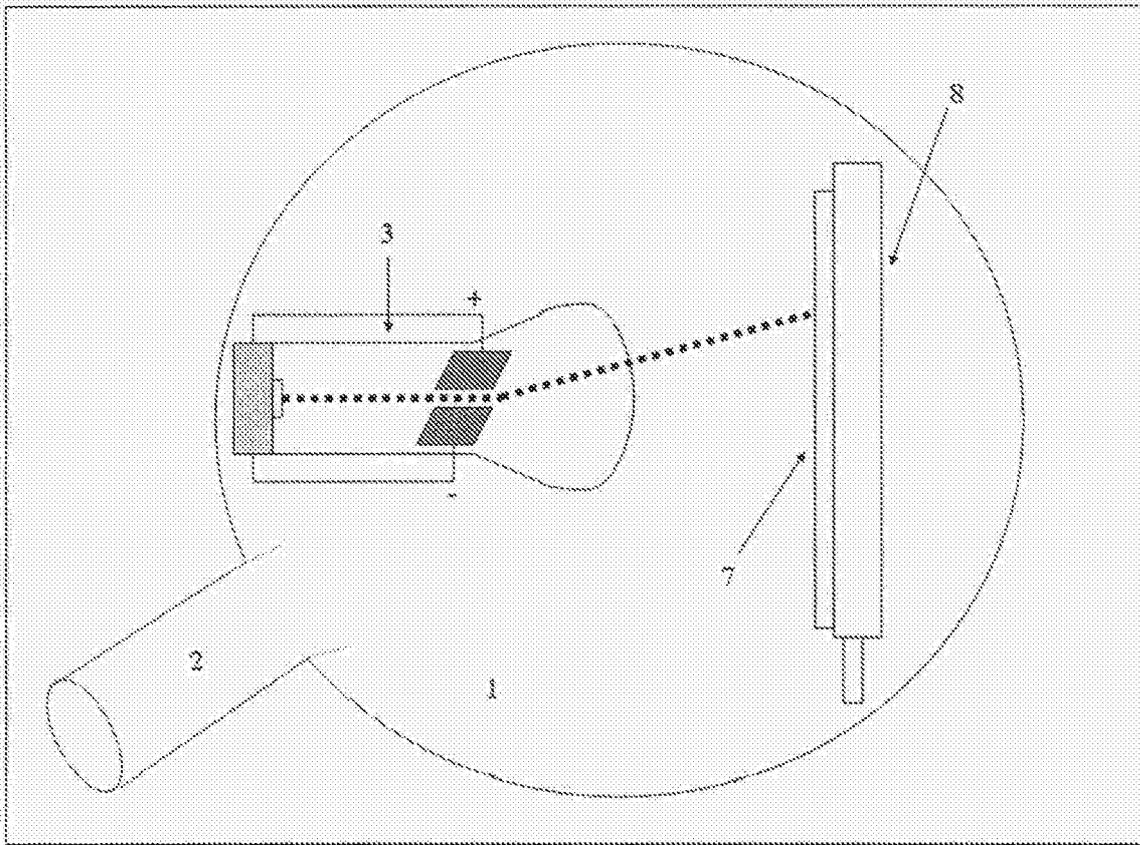
Handwritten signature

FIGURA 2



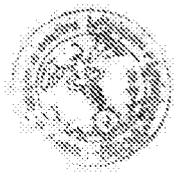
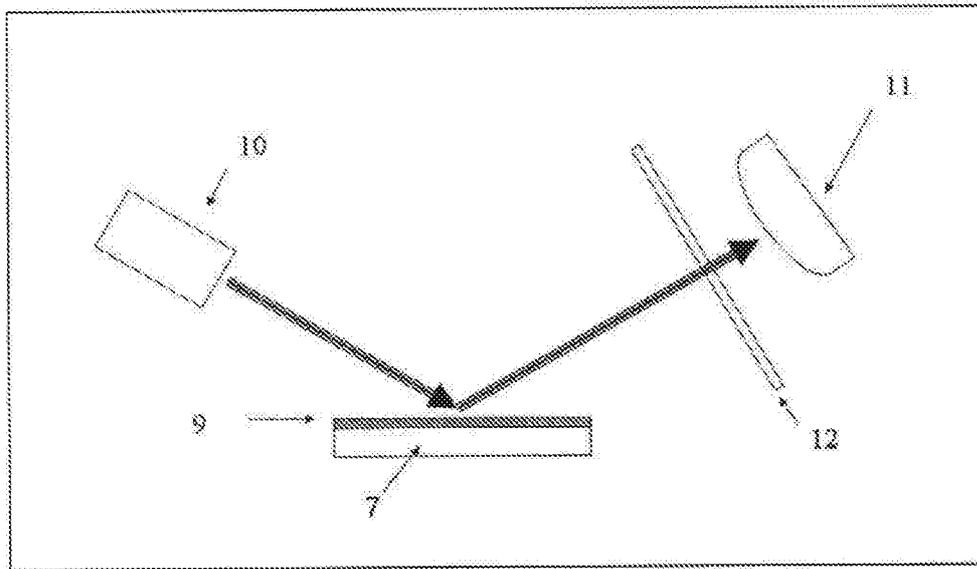
Notarbartolo & Gervasi

FIGURA 3



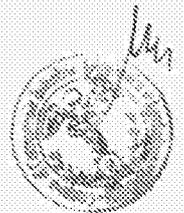
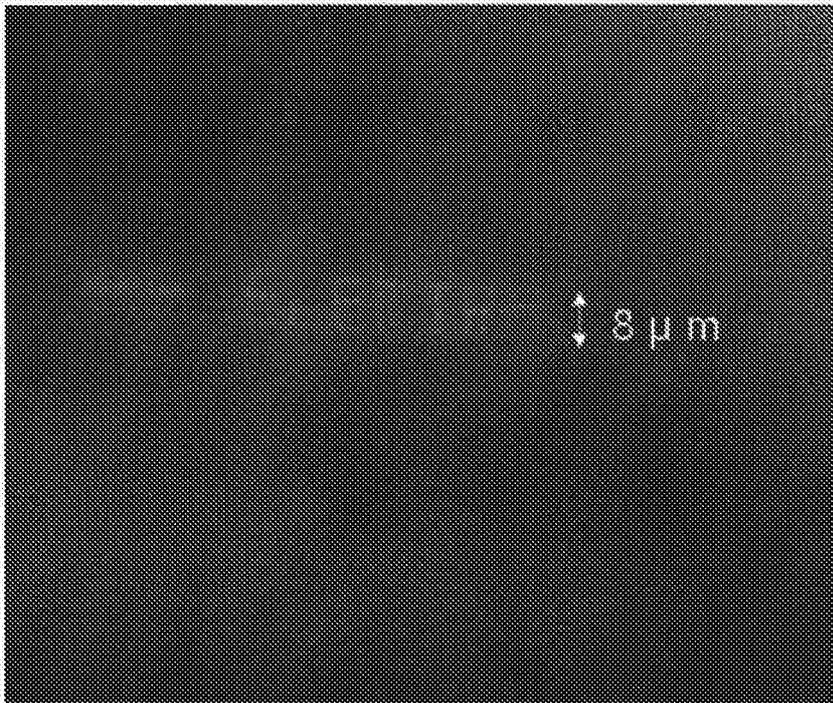
Notarbartolo & Gervasi

FIGURA 4



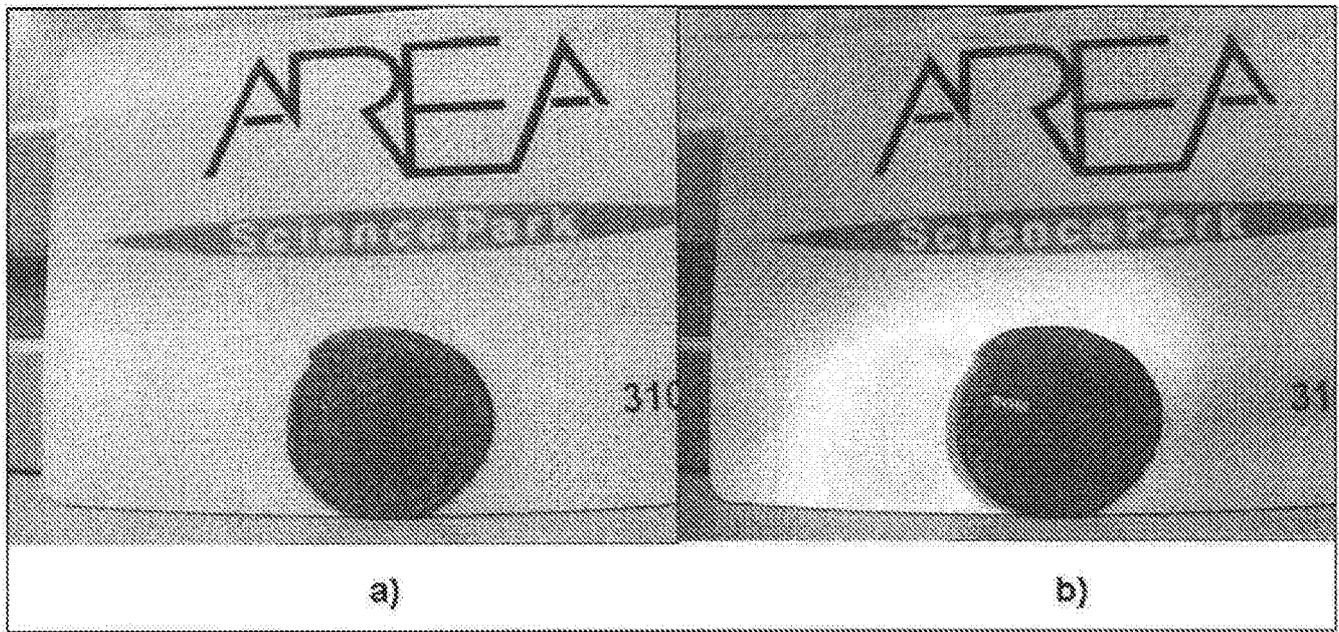
Handwritten signature

FIGURA 5



Chiodone 2

FIGURA 6



Handwritten signature or text.