



UNIVERSITA' NICOLA CUSANO
via don Carlo Gnocchi 3, 00166 ROMA
GIORNATA DI STUDIO SULLA SINDONE

Giovedì 18 maggio 2017

Ore 15:00

GLI STUDI RADIATIVI DELLA SINDONE A FRASCATI

Giuseppe Baldacchini

Via G. Quattrucci 246

00046 Grottaferrata, Roma

(già ENEA, Centro Ricerche Frascati)

e-mail: giuseppe.baldacchini@gmail.com

Con la collaborazione di Paolo Di Lazzaro,
Daniele Murra, Enrico Nichelatti, Antonino
Santoni (ENEA, Centro Ricerche Frascati e
Casaccia), Giulio Fanti (Università di Padova),
e il contributo di molti altri esperti e non.

Cristo Risorto, 1995, Vito Lolli, Collezione
dell'artista, Castel Gandolfo, Roma, Italia.

~1992

I LABORATORI DI FRASCATI



Sincrotrone

~1992

BREVE STORIA DEI LABORATORI DI FRASCATI

I **Laboratori di Frascati** sono stati fondati nel 1955 per acquisire e diffondere conoscenze scientifiche sulle applicazioni dell'energia nucleare (*CNRN, Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari*).

La realizzazione dell'**ElettroSincrotrone** alla fine degli anni 50, e poi negli anni 60 di altre macchine acceleratrici di particelle elementari, tra cui **ADA** e **ADONE**, iniziano a dare notorietà nazionale e internazionale ai Laboratori (*CNEN, Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare*). I nuclei di servizio sviluppano studi su attività di base e tecnologiche riguardanti la criogenia, l'elettronica, i magneti, il calcolo numerico e la fisica dei plasmi, e presto consolidano la loro eccellenza nell'ambito della comunità scientifica.

A metà degli anni 70, queste competenze si aprono a nuove attività nel campo della superconduttività, della spettroscopia molecolare, dei laser e di innovative macchine acceleratrici (*ENEA, Ente Nazionale Energie Alternative*). In particolare negli anni 80 vengono realizzati prototipi unici a livello mondiale di **laser a eccimeri** (UV), **stato solido** (VIS e NIR), ed **elettroni liberi** (FIR). I risultati ottenuti hanno consentito di accedere nei successivi decenni a nuove tecnologie, tra le quali diagnostica, metrologia, modellazione matematica, micro e nano fotonica, e sorgenti di radiazione innovative.

Agli inizi del terzo millennio c'erano quindi le competenze e gli strumenti necessari per affrontare gli studi dei quali si parlerà nel seguito.

Carriera Scientifica di Baldacchini Giuseppe

- 1965 Laurea in Fisica alla Sapienza, Roma
- 1967-2008 Ricercatore nei Laboratori di Frascati, CNEN
- 1972 Ricercatore all'Università della California a Berkeley
- 1976 Ricercatore all'Università dello Utah a Salt Lake City
- 1984-1989, Professore alle Università di Venezia, Rio de Janeiro e Cracovia
- 1984-2008 Direttore Sezione Laser e Acceleratori a Frascati, ENEA
- 1993 Premio "Sergio Panizza" per contributi eccezionali in Fisica
- **2005 Inizio della ricerca sulla Sindone**
- 2009 Pensionato, ma ancora felicemente in attività

I campi d'interesse sono stati: risonanza magnetica elettronica e nucleare, criogenia, centri di colore e difetti nei solidi, optoelettronica, spettroscopia molecolare ad alta risoluzione, fotonica, nanotecnologia, processi radiativi e non-radiativi nella materia inorganica e organica.

Quando nel 2005 la Sindone di Torino è entrata nel mio orizzonte culturale, questo reperto mi era praticamente sconosciuto, eccetto la sua esistenza come una famosa reliquia venerata dalla Chiesa.

UN FATTO INPREVISTO

Una sera del gennaio del 2005, me ne stavo seduto in casa a leggere un libro quando venni distolto da una informazione particolare sulla Sindone di Torino, della quale si stava parlando in televisione in un programma dedicato (di cui non ricordo il titolo).

L'ospite della trasmissione stava dicendo che l'immagine sindonica era dovuta a una colorazione molto superficiale del tessuto di lino e che non era stata dipinta con un colorante o materiale pittorico.

Nello stesso momento mi venne, come in un flash di memoria, il ricordo di circa 10 anni prima di una ricerca effettuata nei Laboratori di Frascati sulla nobilitazione dei tessuti con laser a eccimeri. Mi ricordavo infatti che l'effetto di un potente fascio di luce ultravioletta (UV) produceva sulle fibre dei tessuti delle trasformazioni morfologiche che erano particolarmente superficiali.

Al momento mi ripromisi di ritrovare i rapporti/publicazioni della ricerca in questione alla prima occasione utile, che accadde qualche giorno dopo a Frascati tra compiti istituzionali, riunioni e ricerche varie.

Tra questi lavori, quello intitolato «*Trattamento di Superfici Tessili con Laser ad Eccimeri*» in Energia, Ambiente, Innovazione, Notiziario ENEA No. 4, Aprile 1995, era particolarmente significativo e attinente.

Nobilitazione dei Tessuti con Laser

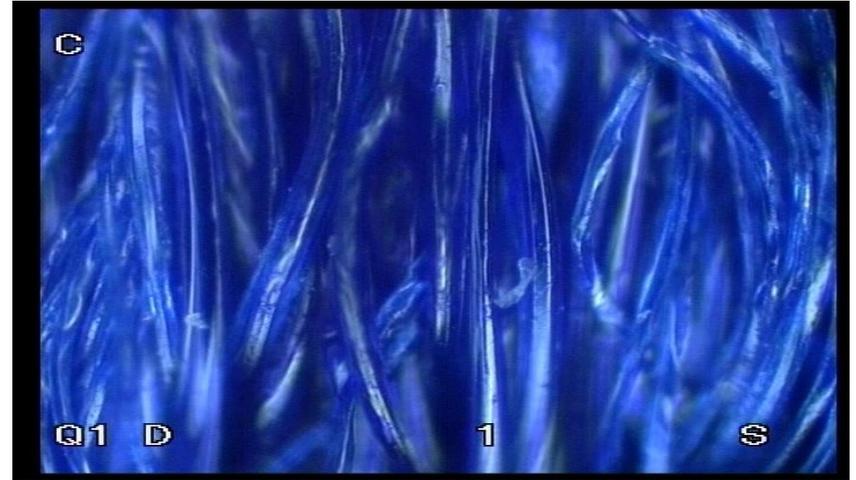
(Collaborazione ENEA – Centexbel, ~1995)

Fibre sintetiche Alcantara®
(scala circa 1 mm)

Sopra: prima dell'irraggiamento

Sotto: dopo 10 impulsi di laser eccimero @ 308 nm, densità di energia 0,16 J/cm²/colpo e densità di potenza 1,1 MW/cm²/colpo.

Si osserva una rugosità superficiale regolare che aumenta la capacità di colorazione del tessuto e dona una spettacolare riflessione iridescente sotto illuminazione.



CONTATTI

Una volta appurata l'esistenza di una connessione tra i lini della Sindone e i tessuti irraggiati a Frascati, mi posi il problema non indifferente della mia totale ignoranza sulla Sindone e le sue caratteristiche, e non sapendo da dove incominciare, contattai un conoscente di famiglia, **padre Raffaele Sacco**, un sacerdote rogazionista, che aveva avuto una certa frequentazione con l'ambiente vaticano, e quindi pensai potesse avere qualche informazione utile sulla Sindone.

Fortunatamente egli conosceva i contributi di due esperti sindonici per quello che riguardava la chimica, **dott. Giovanni Novelli** di Livorno, e la fisica, **prof. Giulio Fanti** di Padova, che contattai sia telefonicamente che per corrispondenza.

Entrambi furono molto pazienti e gentili, e mi fornirono tutte le informazioni necessarie alla formazione di un quadro conoscitivo generale sulla Sindone aggiornato al 2005. Naturalmente, mi resi subito conto delle difficoltà e della impossibilità di conoscere tutto sulla Sindone, e allora limitai i miei interessi principalmente alla Immagine Corporea (IC), che era stata proprio all'origine del fatto casuale televisivo di qualche tempo prima.

PRIMI ESPERIMENTI

Agli inizi della primavera del 2005, mi sentivo abbastanza preparato sull'argomento, e allora chiamai il mio collaboratore e responsabile del gruppo eccimeri, **dott. Paolo Di Lazzaro**, e gli esposi le connessioni fatte e le idee rimuginate nel frattempo, e proposi di fare alcuni esperimenti per verificarne la fondatezza, proposta che venne accettata con grande entusiasmo.

Per avere più informazioni, invitai il prof. Giulio Fanti a tenere una conferenza a Frascati il 15 aprile 2015 dal suggestivo titolo «*La Sindone, un Mistero che sfida la Scienza*». Le discussioni che poi seguirono portarono a una proficua collaborazione che con fasi alterne dura ancora ai nostri giorni.

Dopo qualche mese, il tempo necessario per organizzare gli esperimenti e reperire i tessuti di lino, iniziarono gli irraggiamenti con uno dei più potenti laser a eccimeri esistenti allora in Italia. Ma i primi risultati furono deludenti, perché i tessuti venivano distrutti, bruciati o non si coloravano affatto.

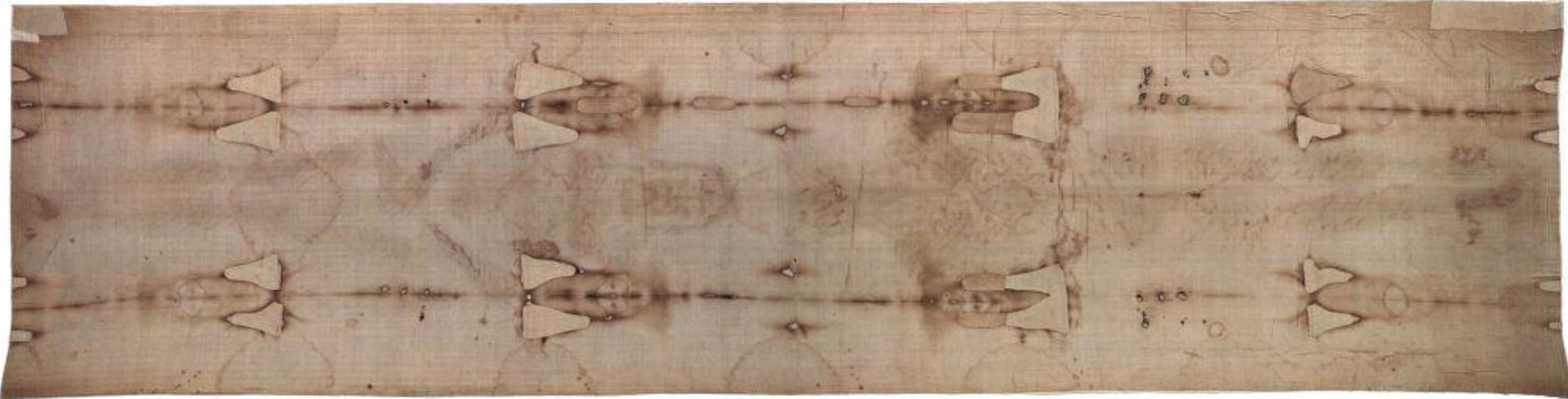
Sei mesi dopo, quindi verso la fine del 2005, una sera tardi mentre ero ancora nel mio ufficio, bussò ed entrò Paolo che mi dice «***Giuseppe, io non so quello che è successo con la Sindone, ma se è successo deve essere stata una botta spaventosa***». Avevano appena ottenuta in laboratorio la prima colorazione di un tessuto di lino con una potenza laser di Milioni di Watt!

SVILUPPI SUCCESSIVI

Dopo questo primo successo di colorazione tramite laser, le esperienze proseguirono fino al punto di diffondere i risultati ottenuti in un Rapporto Tecnico prima e poi in altre pubblicazioni e conferenze:

- *Colorazione di Tessuti di Lino con Laser ad Eccimeri e Confronto con l'Immagine Sindonica*, RT/2006/70FIM, ENEA **2006**, G. Baldacchini, P. Di Lazzaro, D. Murra, G. Fanti.
- *Coloring Linens with Excimer Lasers to Simulate the Body Image of the Turin Shroud*, APPLIED OPTICS, 47 (**2008**) 1278-85, G. Baldacchini, P. Di Lazzaro, D. Murra, G. Fanti.
- *A Physical Hypothesis on the Origin of the Body Image Embedded into the Turin Shroud*, Conference of Columbus, Ohio, 14-17 August **2008**, P. Di Lazzaro, G. Baldacchini, G. Fanti, D. Murra, E. Nichelatti, A. Santoni.
- Organization of the *International Workshop on the Scientific Approach to the Acheiropoietos Images*, Frascati, 4-6 May **2010**, P. Di Lazzaro, Chair/Editor.
- *Superficial and Shroud-like Coloration of Linen by Short Laser Pulses in the Vacuum Ultraviolet*, P. Di Lazzaro, D. Murra, E. Nichelatti, A. Santoni, G. Baldacchini, APPLIED OPTICS, 51 (**2012**) 8567-78

LA SINDONE



A oggi la Sindone di Torino è una delle reliquie più note e studiate al mondo per accertarne l'origine e la storia, e i risultati di questi studi sono stati e sono ancora dibattuti da numerosi studiosi in tutto il mondo.

Mentre per i non credenti essa è un falso medioevale (Voltaire era convinto senza averla vista che fosse un dipinto), per la tradizione cristiana la Sindone avvolse il corpo di Gesù Cristo che è risorto dopo la sua morte, e in questa luce è stata venerata attraverso i secoli dai fedeli, sebbene la Chiesa non l'abbia mai proposta come una verità di fede.

LA SINDONE E LA TELA

La Sindone è un lenzuolo rettangolare di lino lungo 4,4 m e largo 1,1 m, che è composto da due strisce dello stesso tessuto di lino di cui una alta 8.5 cm.

Le strisce sono unite tramite una peculiare cucitura, che è identica a quelle usate a Masada (Palestina) nel I secolo. Non si conosce quando e perché sia stata effettuata questa cucitura, anche se è antica quanto il tessuto.

Inoltre manca un pezzo alla estremità inferiore della immagine frontale, probabilmente tagliato prima che la Sindone apparisse in Francia nel 1355.

La tela è stata tessuta su un telaio manuale rudimentale utilizzando un filo con torcitura a Z, cioè avvolto in senso orario. La tessitura è a spina di pesce, il filo trasversale della trama sopra tre e sotto un filo longitudinale dell'ordito. Si formano così delle strisce larghe 11 mm a spina di pesce.

Dalla striscia minore mancano le due estremità, e non si conosce quando e come, eccetto un pezzo (40x23 mm) preso da Gilbert Raes nel 1973 per studi tessili, e un altro (81x21 mm) nel 1988 per la datazione al carbonio 14.

La Sindone e le Prime Foto

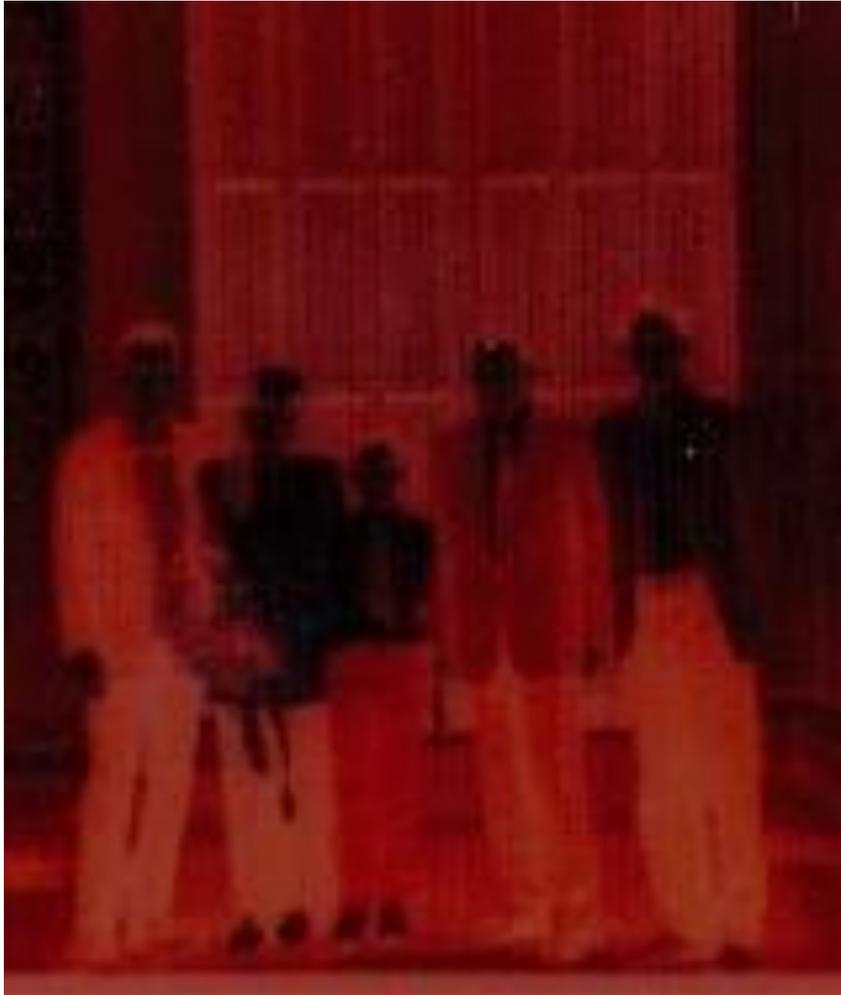
Sino al 1898 la Sindone di Torino era considerata dalla Chiesa e dai fedeli come una delle numerose reliquie esistenti nel mondo cristiano.

Come tale molti cristiani la veneravano, mentre i non cristiani, credenti o meno, pensavano che fosse un'invenzione della Chiesa per convincere il popolo ignorante. Ma in generale, nessuno da una parte o dall'altra si era mai posto seriamente il problema della sua autenticità.

Questo stato di cose cambiò dopo l'ostensione del 1898 quando furono scattate le prime fotografie all'intero lenzuolo. Infatti, quando il fotografo dilettante Secondo Pia sviluppò il negativo fotografico, si trovò tra le mani un'immagine positiva che stampata produceva un'immagine negativa, esattamente il contrario di quello che avveniva e avviene (oggi raramente a causa delle foto digitali) nello sviluppo fotografico.

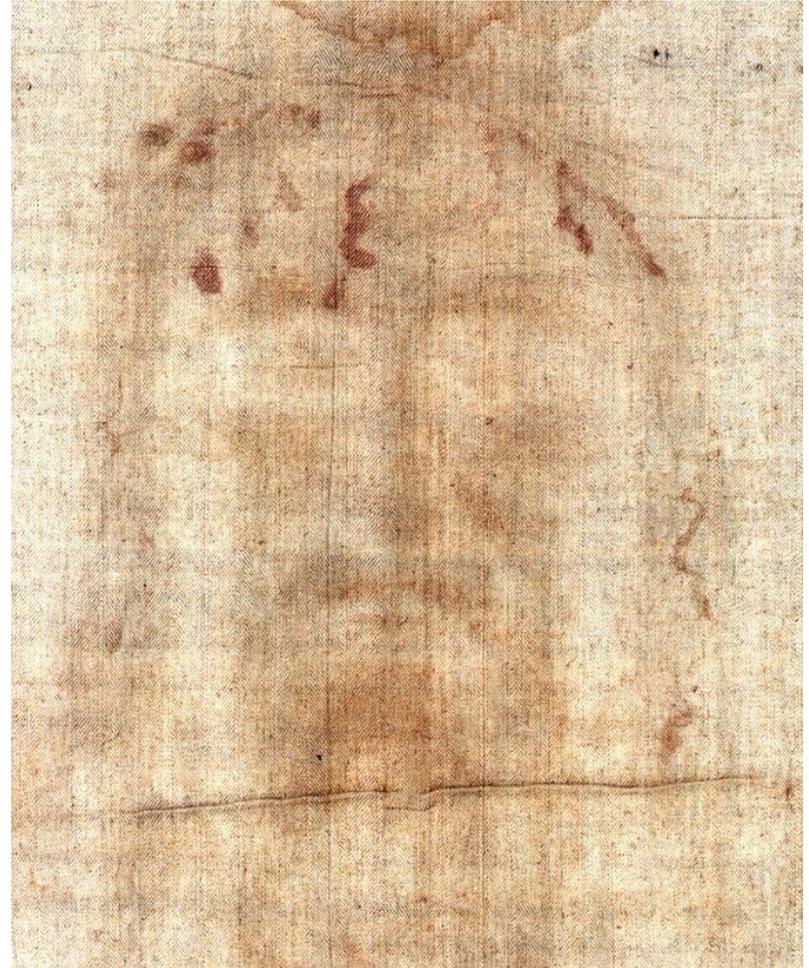
Questo risultato inatteso dimostrava che l'immagine sindonica non era una semplice riproduzione, ma qualche cosa di molto più complesso.

TECNICA DI SVILUPPO DI UN DAGHERROTIPO



A sinistra il negativo fotografico di una foto celebrativa della famiglia Baldacchini nel 1994 e a destra il positivo della stessa. Solamente con il positivo (quello che chiamiamo comunemente fotografia) noi vediamo la vera immagine del mondo che ci circonda.

Effetto Negativo-Positivo della Sindone



A sinistra il negativo fotografico del volto sindonico e a destra il positivo dello stesso. Noi vediamo il volto sindonico come a destra, e solo con il negativo le vere sembianze dell'uomo della Sindone ci sono familiari.

Studi Scientifici della Sindone

1900 - Vignon e Delage studiano le foto di Pia dal punto di vista anatomico, biologico e artistico - ***l'immagine era di un maschio umano morto.***

1931 – Giuseppe Enrie scatta dettagliate foto della Sindone – ***esse confermano i risultati di Pia e sono ancora oggi considerate tra le migliori in assoluto.***

1970 – Max Frei prende campioni di polvere dalla Sindone – ***in essa ci sono pollini dalla Palestina, Turchia, Francia e Italia.***

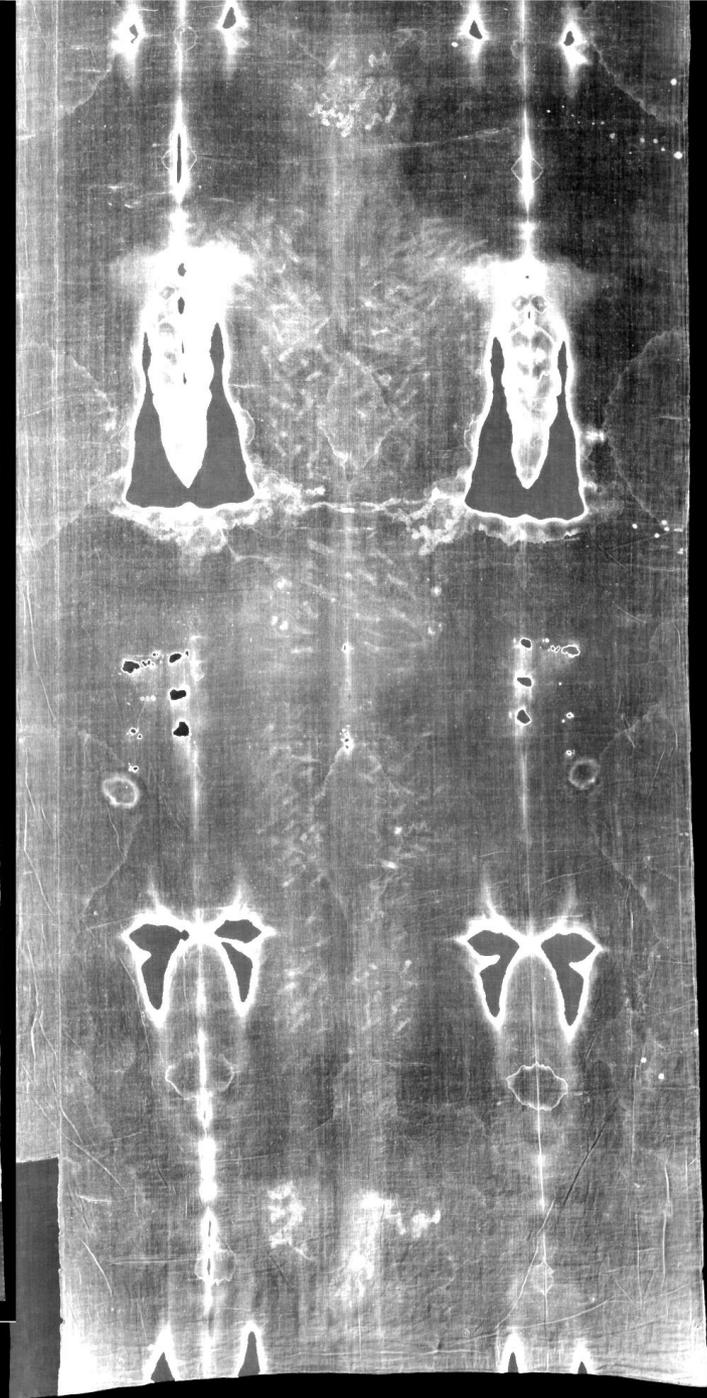
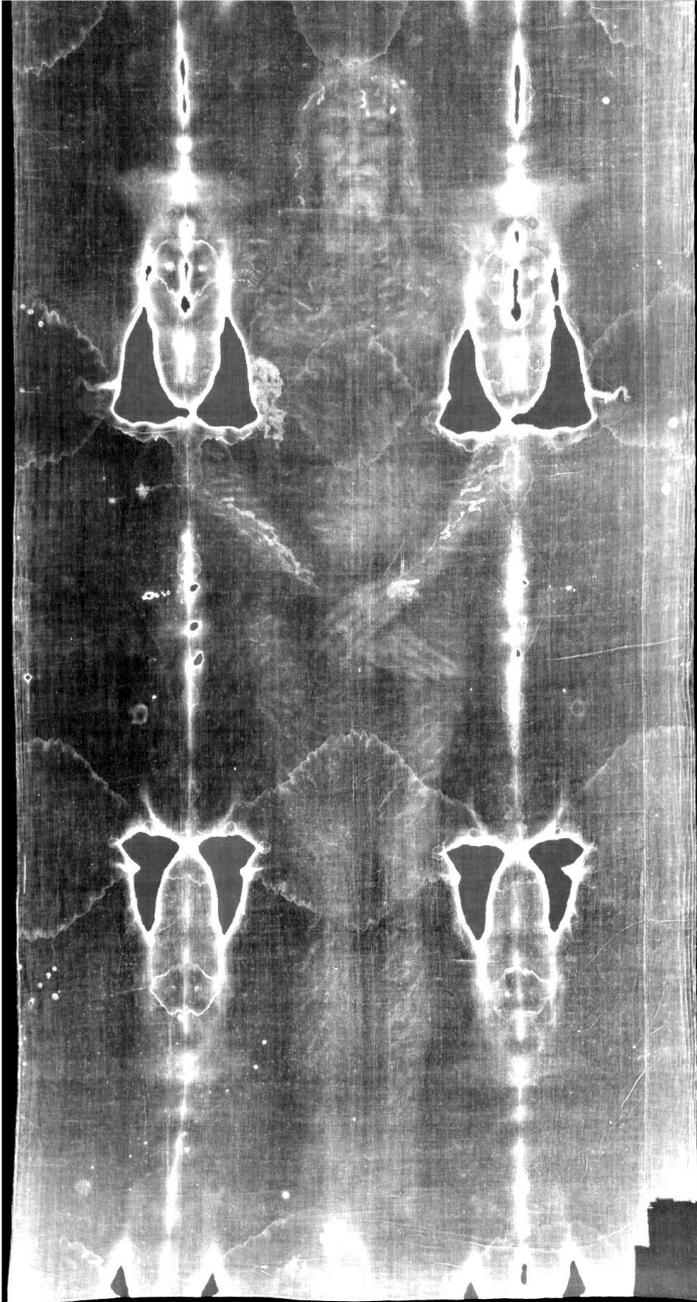
1978 - Lo STURP (**S**hroud of **TU**rin **R**esearch **P**roject) esegue uno studio dettagliato multidisciplinare sulla stessa Sindone – ***essa ha veramente avvolto un uomo martirizzato, una contraffazione medioevale è da escludere, la IC non è un dipinto.***

1988 - Un piccolo campione del lino viene usato per la datazione con il metodo del Carbonio 14 - ***risultò un valore compreso tra il 1260 e 1390.***

2002 – Foto e scanning – ***viene eseguito un intervento conservativo.***

2008 – Irraggiamento con laser eccimeri – ***l'ipotesi radiativa del 1980 viene confermata sperimentalmente.***

2013 - misure ottiche e meccaniche sulle fibre - ***hanno fornito una datazione del tessuto pari a 33 ± 250 anni a.C..***



COSA SI OSSERVA SULLA SINDONE

Due immagini corporee (IC) frontale e dorsale del cadavere di un uomo gravemente percosso, con numerose ferite sulla testa e fronte, flagellato, crocifisso e trafitto al costato.

Numerose macchie rosse in corrispondenza delle ferite dell'uomo che vi fu avvolto. Esse corrispondono a sangue umano.

Le tracce e i fori causati dall'incendio di Chambery del 1532. I grandi fori furono ricoperti da toppe nel 1534 che rimasero in loco fino al 2002 quando vennero rimosse definitivamente.

Altri fori più piccoli allineati a "L" sono antecedenti all'incendio di Chambery, ma non si hanno informazioni ulteriori.

Estesi aloni di acqua, probabilmente utilizzata per spegnere l'incendio di Chambery e altri precedenti.

Simmetrie lineari che si sviluppano per tutta la lunghezza del telo, che dimostrano che la Sindone era stata ripetutamente ripiegata in modi e tempi diversi.

UN PUNTO MORTO

La datazione della Sindone con il carbonio 14 ha fornito una data intorno al 1300, che darebbe ragione ai fautori del falso medioevale.

Al contrario, osservazioni mediche, biologiche, chimiche, fisiche, tessili, storiche, artistiche, archeologiche e teologiche indicano che la Sindone è molto più antica e che può aver realmente avvolto il cadavere del Gesù descritto dai Vangeli canonici.

Ma, oltre l'autenticità della Sindone, che ha scatenato un dibattito dialettico infinito, rimane il fatto che esiste una IC ben visibile.

Numerose copie pittoriche (circa 50) sono state eseguite per scopi devozionali, e molti tentativi di falsificazione sono stati fatti fino a ora per riprodurre la Sindone utilizzando svariate tecniche chimiche e fisiche.

Le copie pittoriche son piuttosto modeste, mentre quelle artefatte sono spesso molto simili macroscopicamente alla Sindone, ma nessuna riproduce allo stesso tempo tutte le caratteristiche a livello microscopico.

Quindi, ancora oggi rimane il problema della riproduzione della Sindone e in particolare della IC e della sua formazione.

CARATTERISTICHE FISICHE DELL'IC

- Le due deboli **IC** non sono state dipinte, stampate, bruciacchiate o ottenute per contatto su una scultura,
- la intensità delle due **IC** è circa la stessa,
- la risoluzione delle due **IC** è di circa 5 mm,
- le **IC** contengono informazioni tridimensionali del corpo,
- non ci sono tracce di immagini laterali,
- la colorazione giallo-seppia della **IC** penetra il tessuto di lino per poche fibrille, e solo uno strato esterno di circa 200 nm della singola fibrilla,
- Tutte le fibrille colorate lo sono allo stesso modo, e la diversa colorazione del lino è dovuta al numero delle fibrille colorate/cm².
- la colorazione è dovuta a un processo chimico-fisico, simile a una disidratazione e ossidazione (fotochimico e non fototermico),
- non c'è colorazione sotto le macchie di sangue che è umano,
- le fibrille colorate sono più fragili di quelle non colorate,
- le regioni colorate non emettono luce sotto irraggiamento ultravioletto al contrario del telo non colorato.

L'IPOTESI RADIATIVA

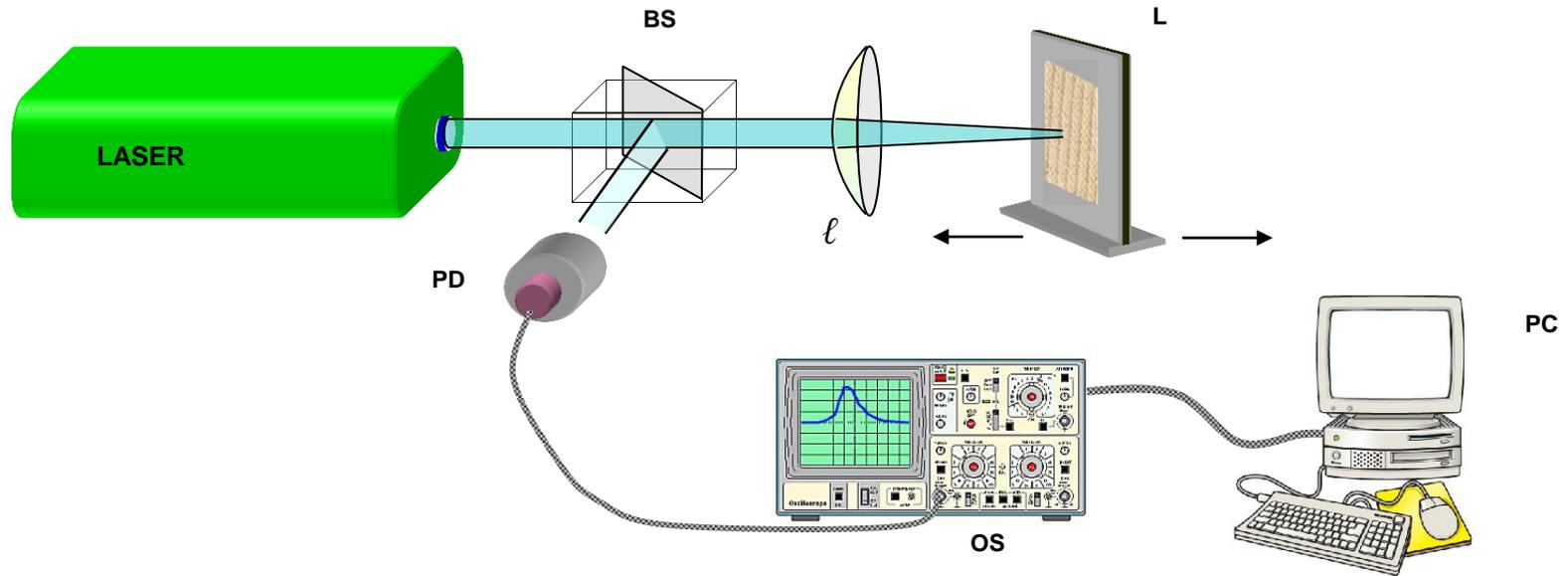
Nel 1980, alcuni studiosi, anche a seguito dell'indagine dello STURP, avanzarono l'ipotesi che a produrre l'IC fosse stata una radiazione elettromagnetica, cioè LUCE.

In particolare questa radiazione doveva essere emessa dal corpo avvolto nel lenzuolo funebre e in direzione verticale. Un tentativo in tal senso fatto in America non produsse risultati utili, anche se l'ipotesi non venne mai abbandonata.

Nel 2005, questa stessa ipotesi venne ripresa di nuovo a Frascati, dove si conosceva la vecchia ipotesi radiativa ma non l'esito negativo americano (e questa ignoranza fu la nostra fortuna).

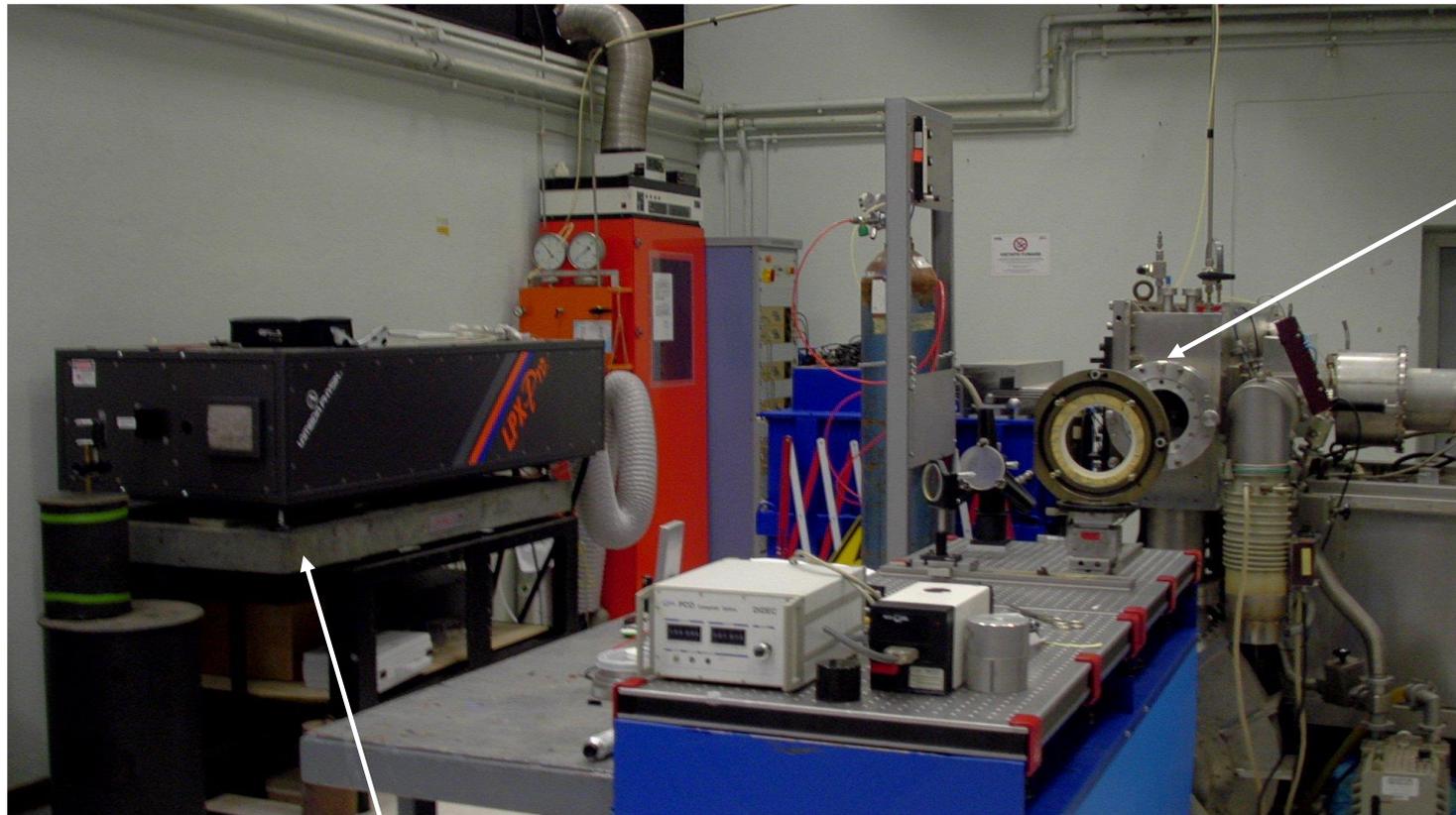
Alla fine si sono **utilizzati i potenti fasci di luce ultravioletta dei laser ad eccimeri per irradiare tessuti di lino, e paragonare gli eventuali effetti di colorazione con la IC della Sindone.**

APPARATO SPERIMENTALE



BS=beam splitter, l=lente focale, PD=fotodiode, OS=oscilloscopio, PC=computer, L=tessuto di lino. Non mostrata nella figura c'è una videocamera, puntata sul tessuto di lino, che ne trasmette l'immagine ad un televisore nella stanza di controllo, per osservare gli effetti dell'irraggiamento. Infatti nessuno puo' sostare nelle vicinanze del fascio laser per motivi di sicurezza.

LASER ECCIMERO

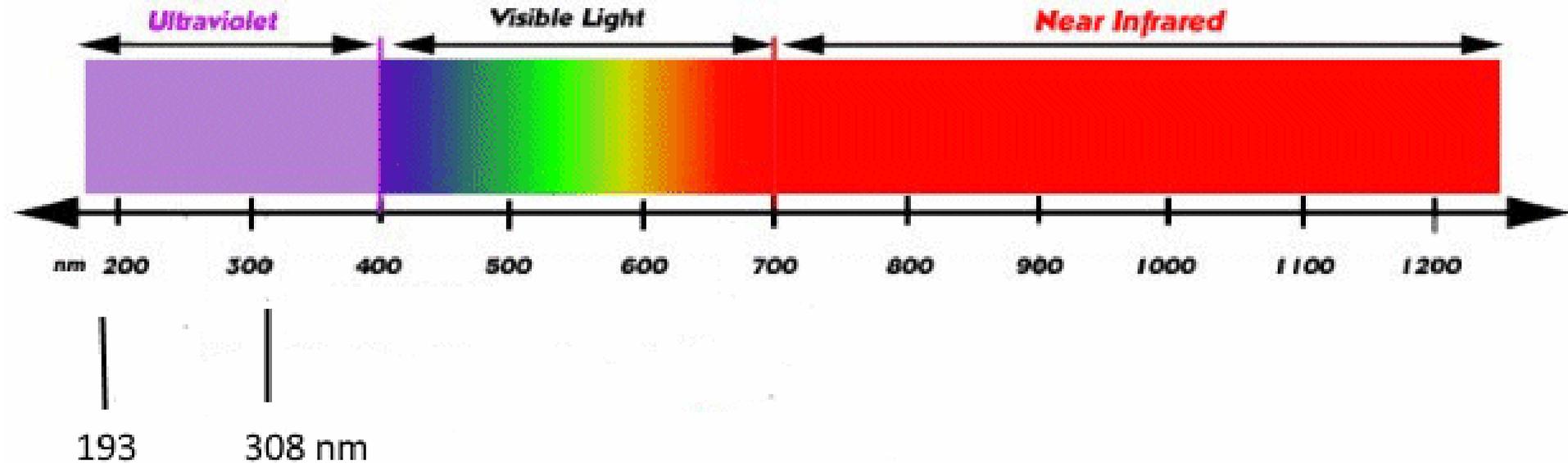


Laser Hercules
(ENEA-Frascati)
emissione 308 nm
(gas XeCl)
energia/colpo 5 J
Durata 120 ns
potenza 40 MW
frequenza 0.1-5 Hz

Laser **LPX-305** (Lamda Physik), emissione 308 nm (gas XeCl), energia/colpo 0,4 J, durata 33 ns, potenza 10 MW, frequenza 1-50 Hz.

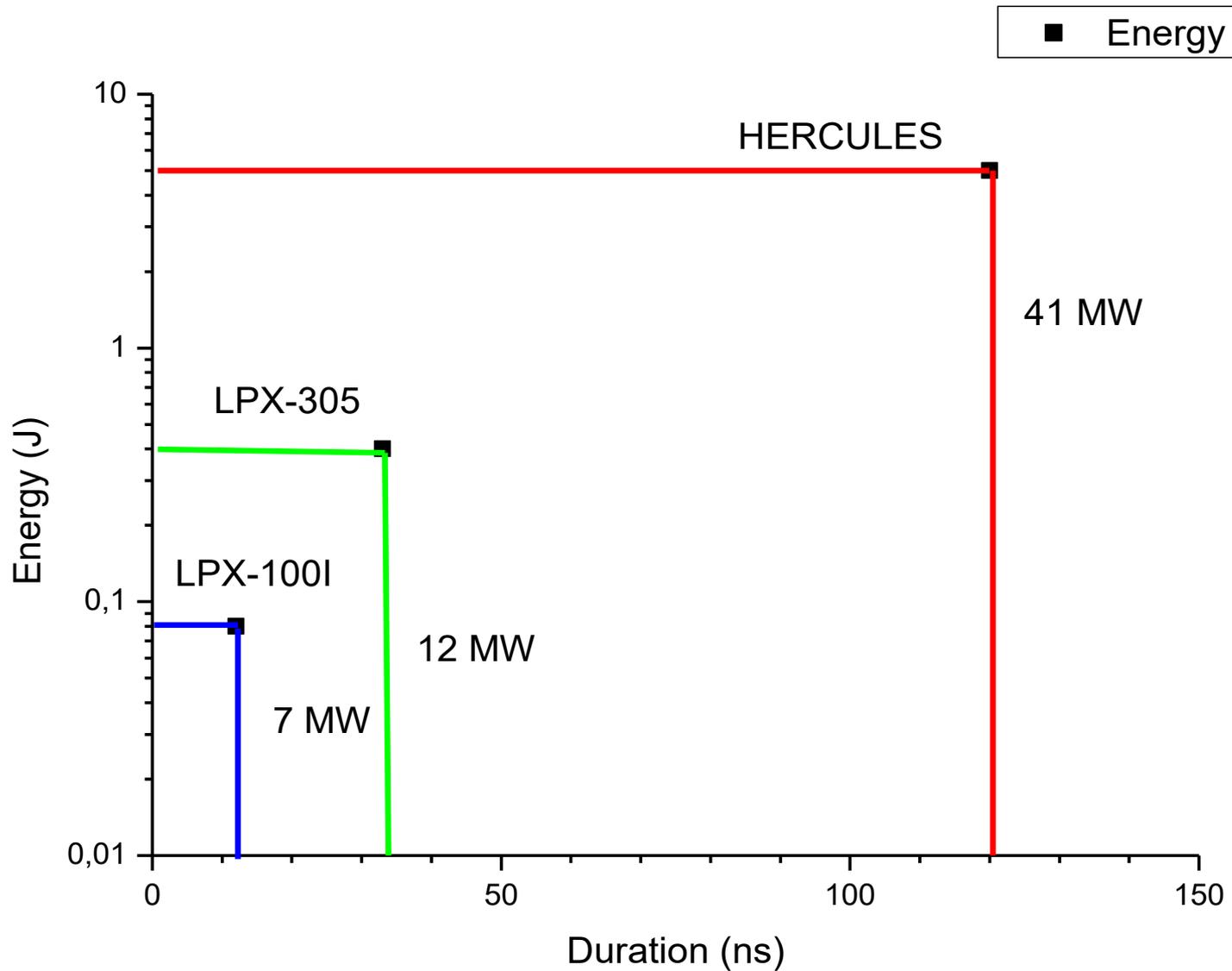
Laser **LPX-100i** (Lamda Physik) (gas ArF), emissione 193 nm, energia/colpo 0,08 J, durata 12 ns, potenza 6 MW, frequenza 1 Hz.

Spectral Range

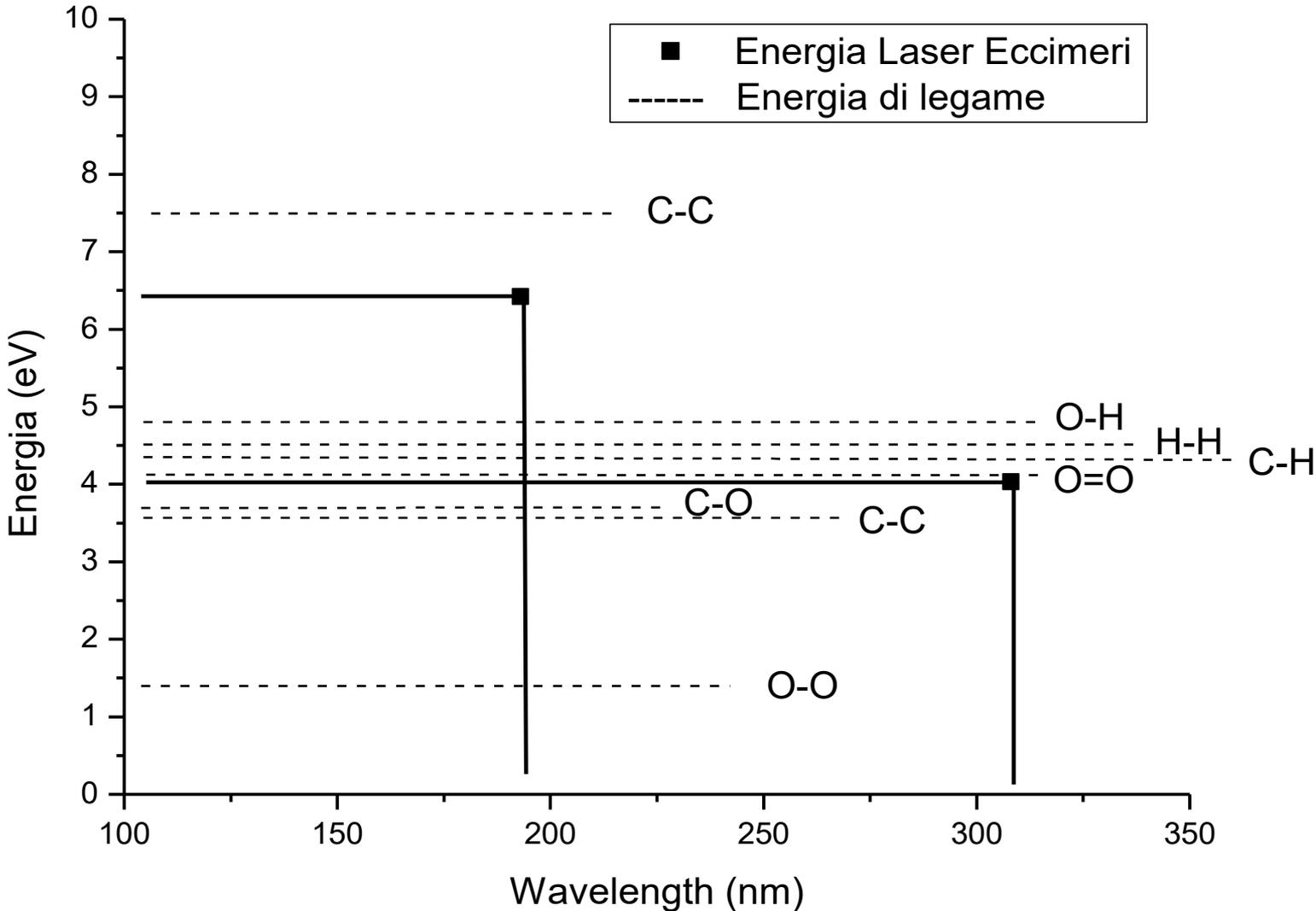


Le due barre verticali mostrano le lunghezze d'onda dei laser eccimeri utilizzati negli esperimenti di irraggiamento dei lini. Questa luce è invisibile agli occhi umani, e la sua presenza può essere osservata solo attraverso la luminescenza della materia.

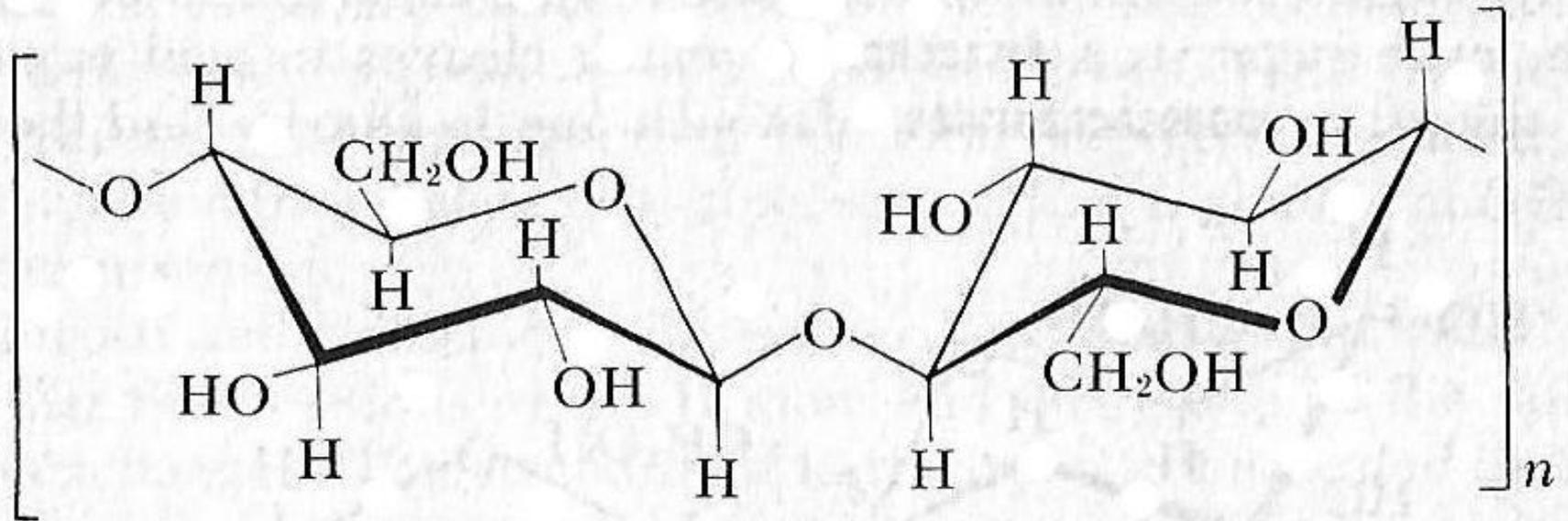
IMPULSI DEI LASER ECCIMERI



ENERGIE IN GIOCO



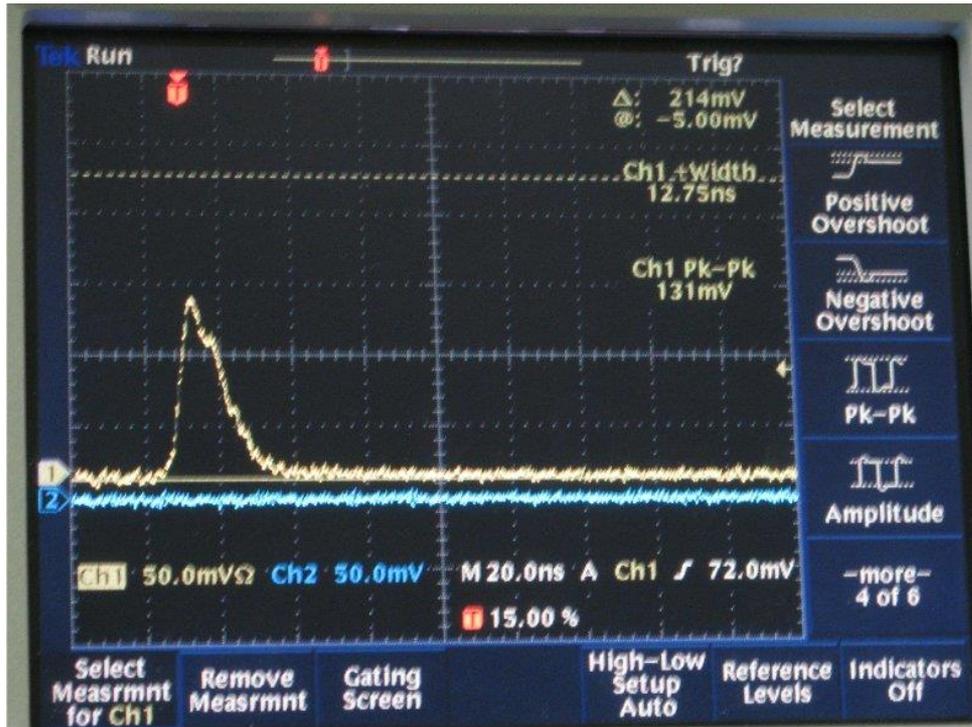
CELLULOSA



Cellulose

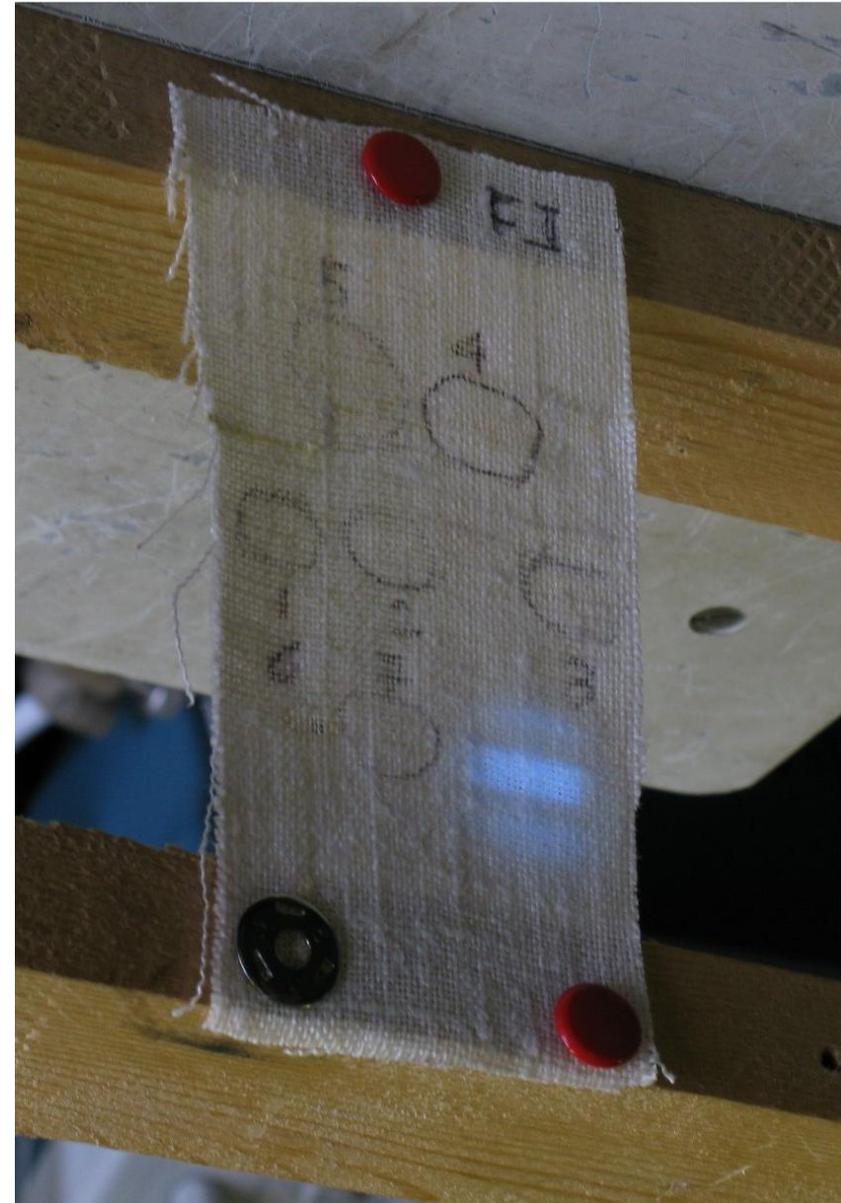
La cellulosa ha la formula atomica $(C_6H_{10}O_5)_{2n}$ e si presenta come nella figura. I gruppi carbonili che la caratterizzano sono quelli aldeici $-C-O-H$ che, quando privati dell'idrogeno, disidradazione, e ossidati $-C=O$, inscuriscono la cellulosa, che è il processo d'invecchiamento, accelerato dalla luce e dall'acqua.

Esperimento di Irraggiamento

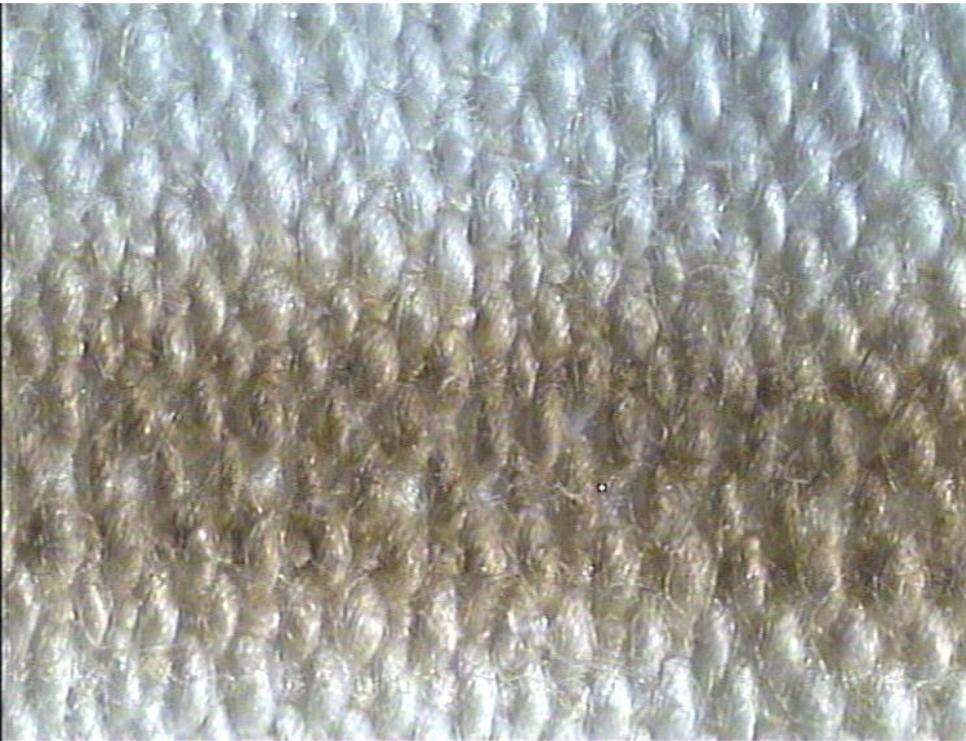


Sopra, un oscilloscopio riporta l'impulso del laser misurato da un rivelatore.

A destra si osserva la luminescenza blu del lino irraggiato, mentre il fascio laser ultravioletto che genera la luminescenza è invisibile agli occhi umani.

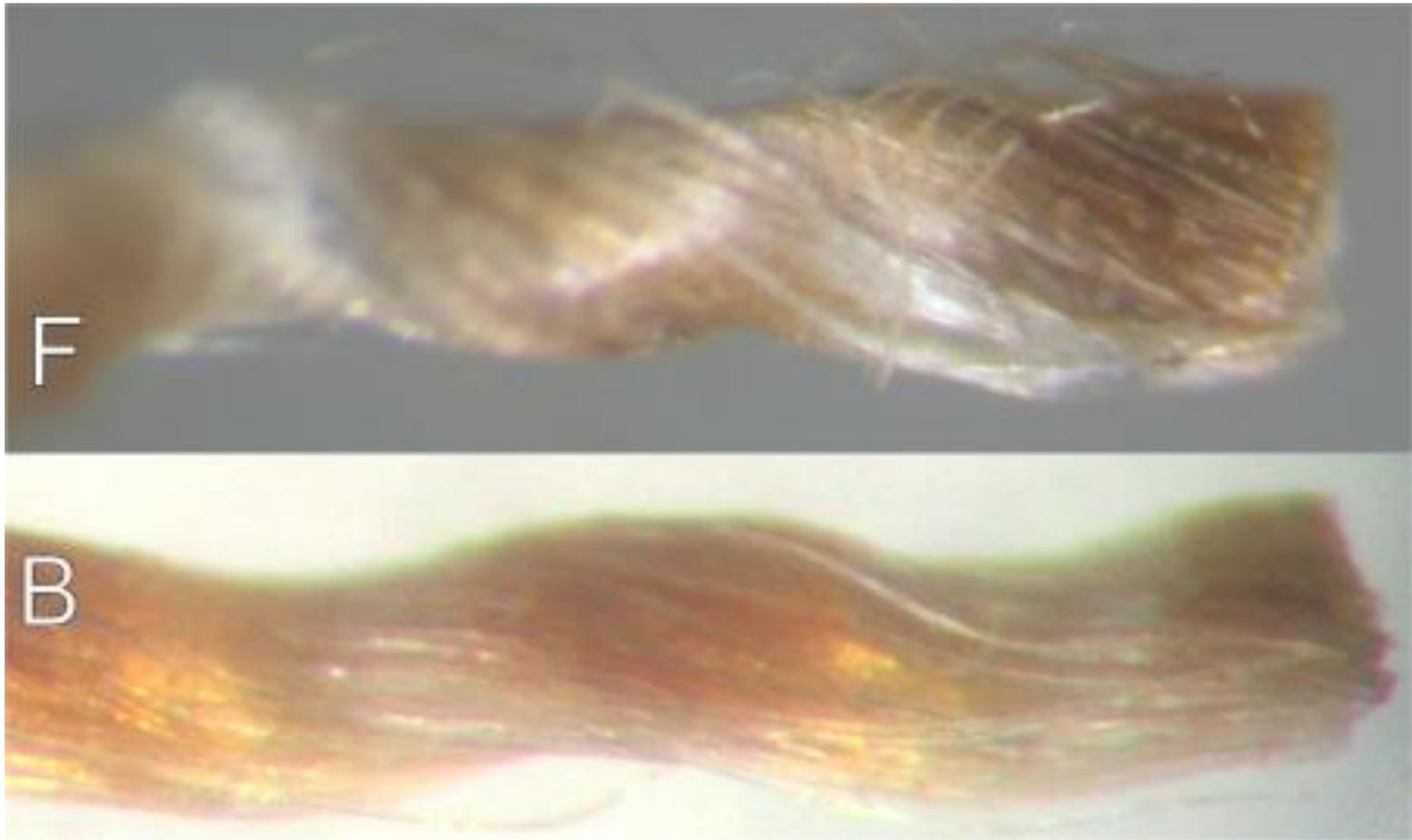


COLORAZIONE DEI LINI



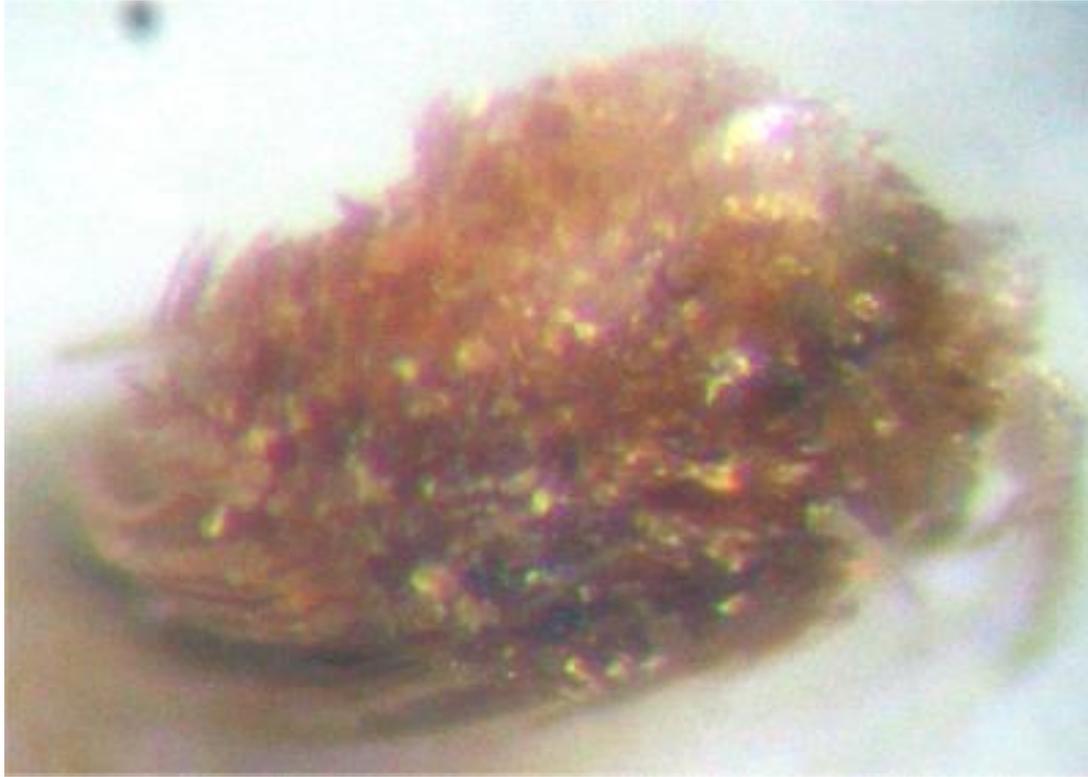
Due dei lini usati ingranditi: i fili della trama sono 0.3-0.4 mm in diametro. I lini B (a sinistra) e F (a destra) sono stati irraggiati con il laser a 308 nm, 100 colpi con 16.1 MW/cm²/colpo a 9 Hz. La colorazione marrone scuro non è del tutto omogenea a causa di un fascio laser non uniforme.

PROFONDITÀ DELLA COLORAZIONE 1



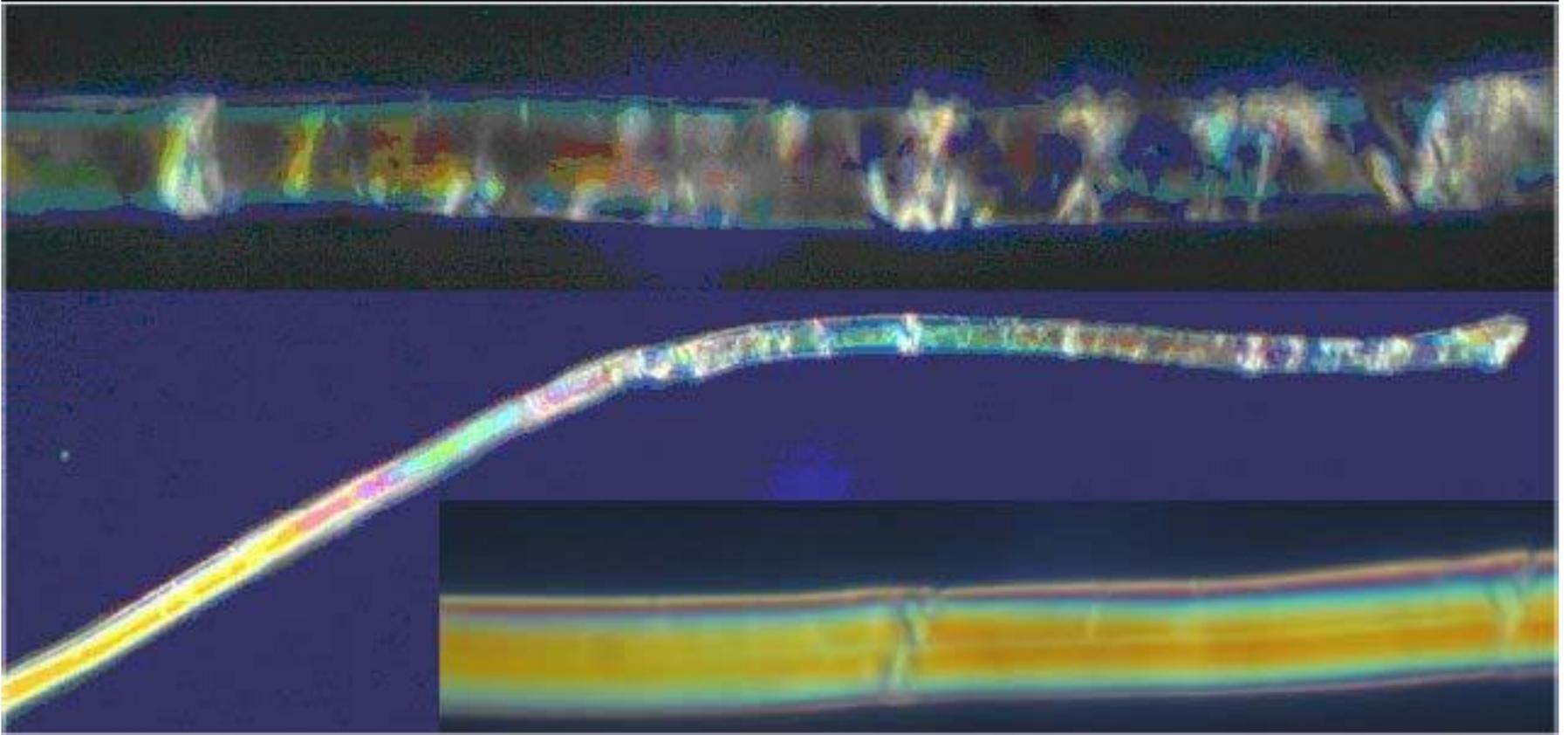
Due singoli fili dei precedenti lini F e B irraggiati con laser ad eccimeri mostrano la colorazione dove sono stati colpiti dalla luce UV, ma non dove erano coperti da altri fili della trama.

PROFONDITÀ DELLA COLORAZIONE 2



La sezione di un filo colorato, 0.3 mm Φ , del lino B (a sinistra) mostra che la colorazione penetra per il 50%, circa 150 μm . Il filo F a destra, 0.4 mm Φ , non permette una stima altrettanto precisa a causa della sua conformazione schiacciata. Le fibrille colorate sono fragili.

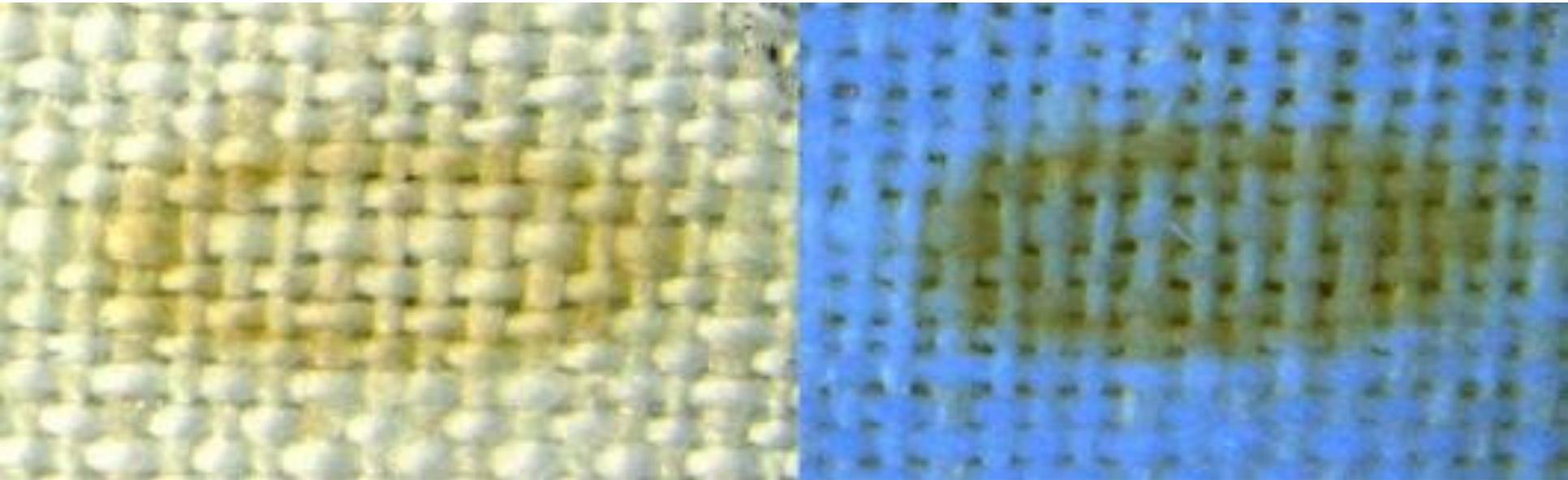
FRAGILITÀ E BIRIFRANGENZA



Fibrilla parzialmente irraggiata, al centro, osservata in polarizzazione incrociata con un microscopio. La zona irraggiata e colorata è riportata ingrandita sopra. La zona non irraggiata e non colorata è riportata sotto. Le zone disidratate associate a stress e fratture (colorate) sono birifrangenti.

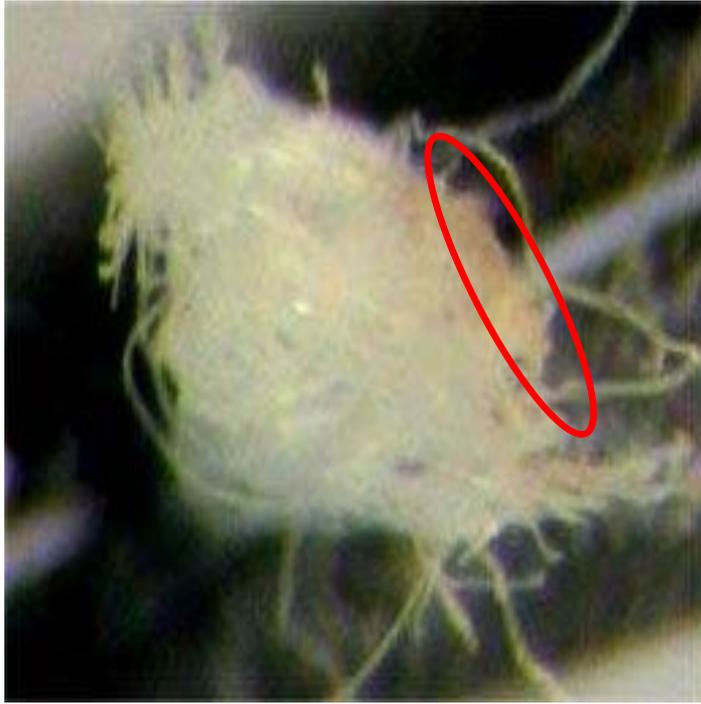
ASSENZA DI FLUORESCENZA

Il tessuto di lino è irraggiato dal laser a 193 nm con una potenza $I_T = 3,9 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$ (4 miliardi di Watt per centimetro quadro!)

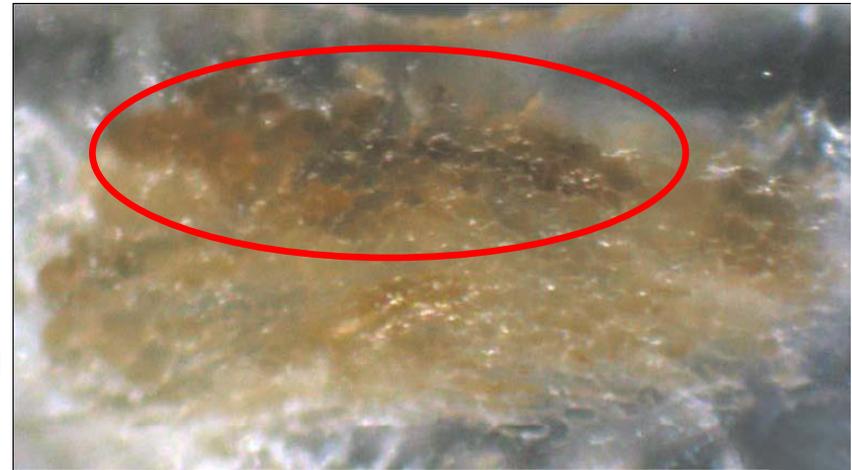


Il lino fluoresce se viene illuminato con radiazione UV, cioè emette luce blu. Se però il tessuto è stato irraggiato, cioè colorato, la fluorescenza è assente come nella IC della Sindone.

PROFONDITÀ DELLA COLORAZIONE



193 nm



308 nm

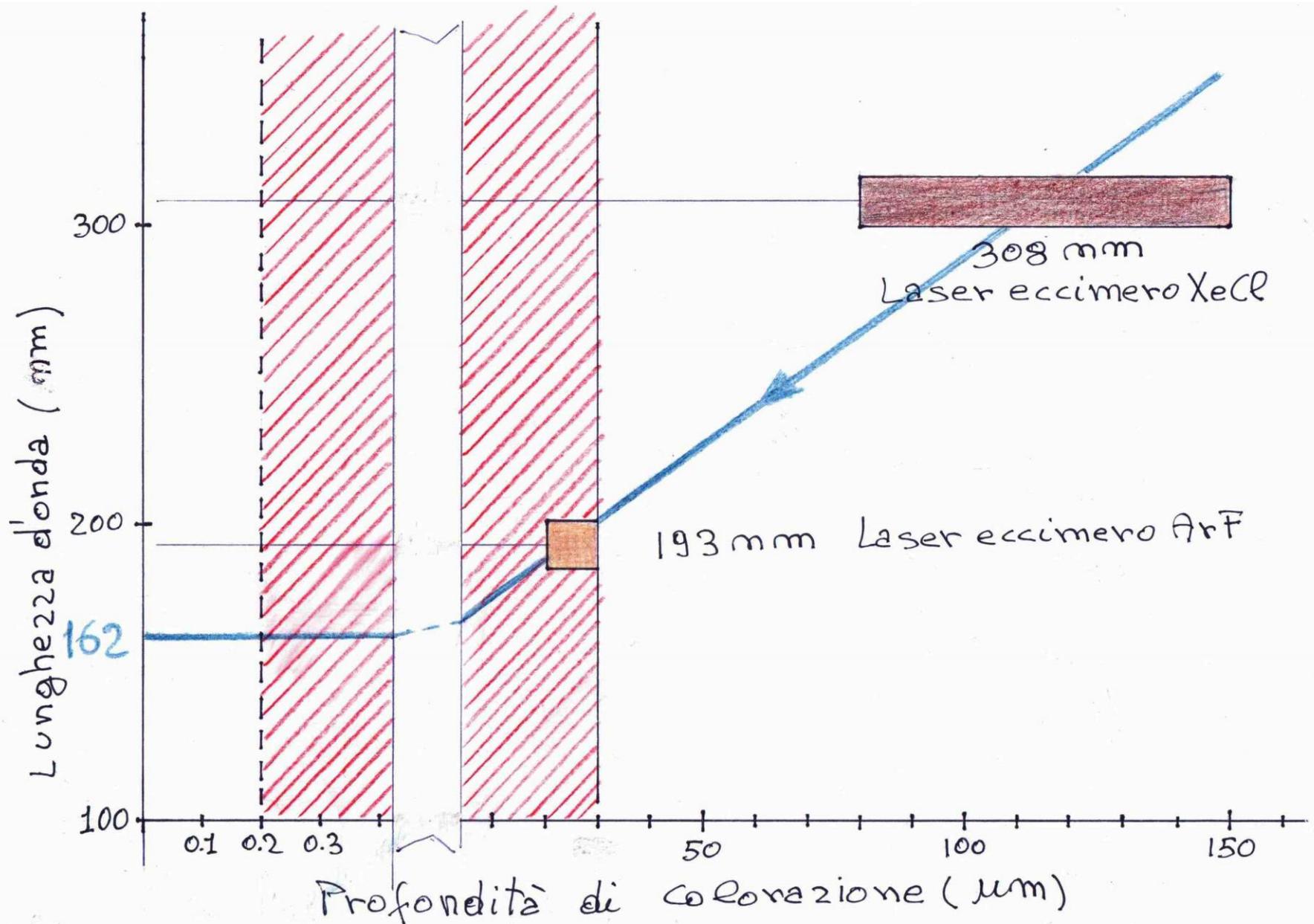
La penetrazione della colorazione nei fili del lino B è molto minore per l'irraggiamento a 193 nm che a 308 nm. A una misura più accurata si hanno 26 μm contro 80-120 μm !

COLORAZIONE DI UNA FIBRILLA

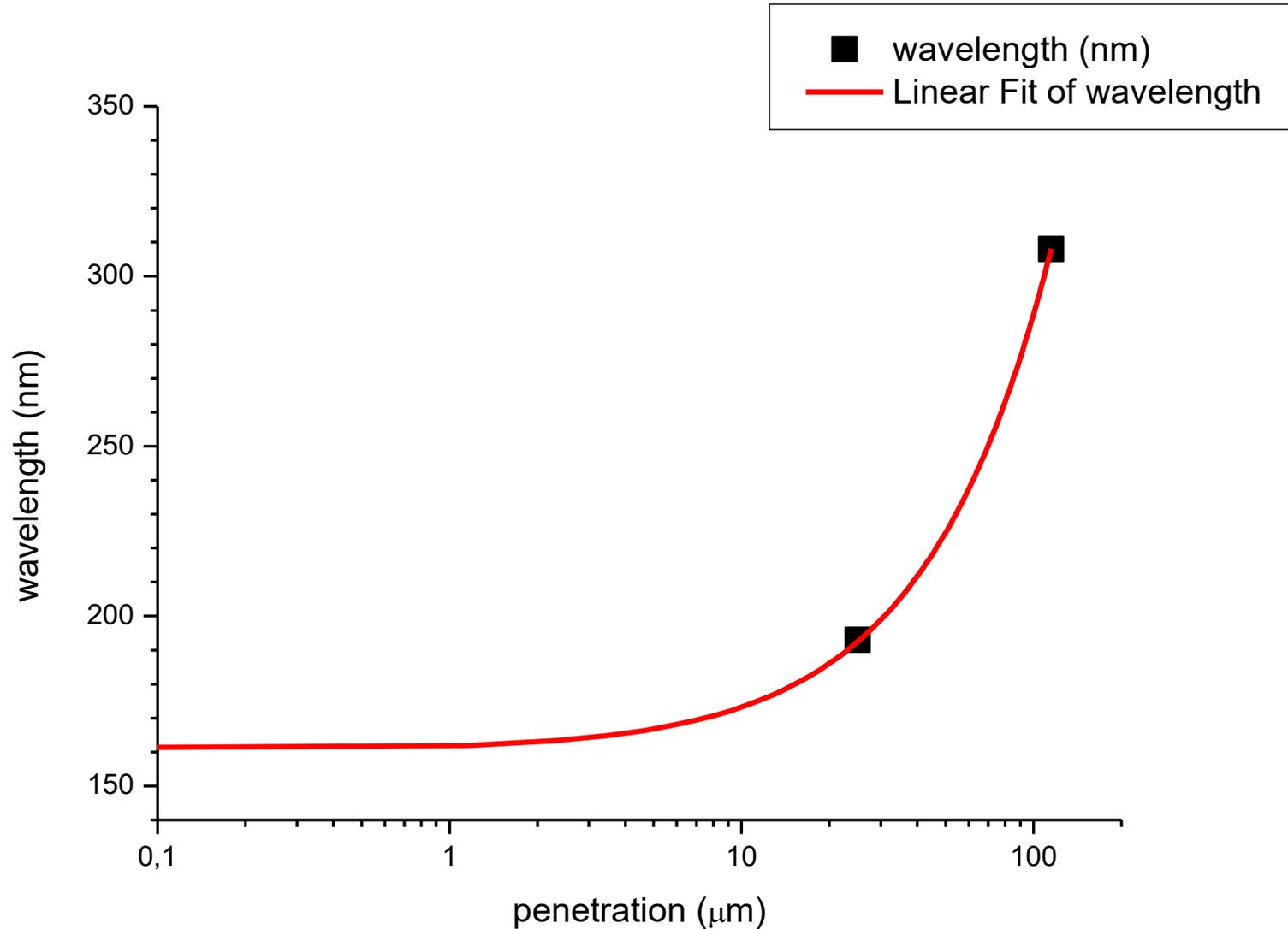
Una fibrilla del lino F mostra la parte interna, medulla, non colorata. Questo significa che la radiazione laser a 193 nm può colorare solo la parte esterna della fibrilla, come nella IC della Sindone.



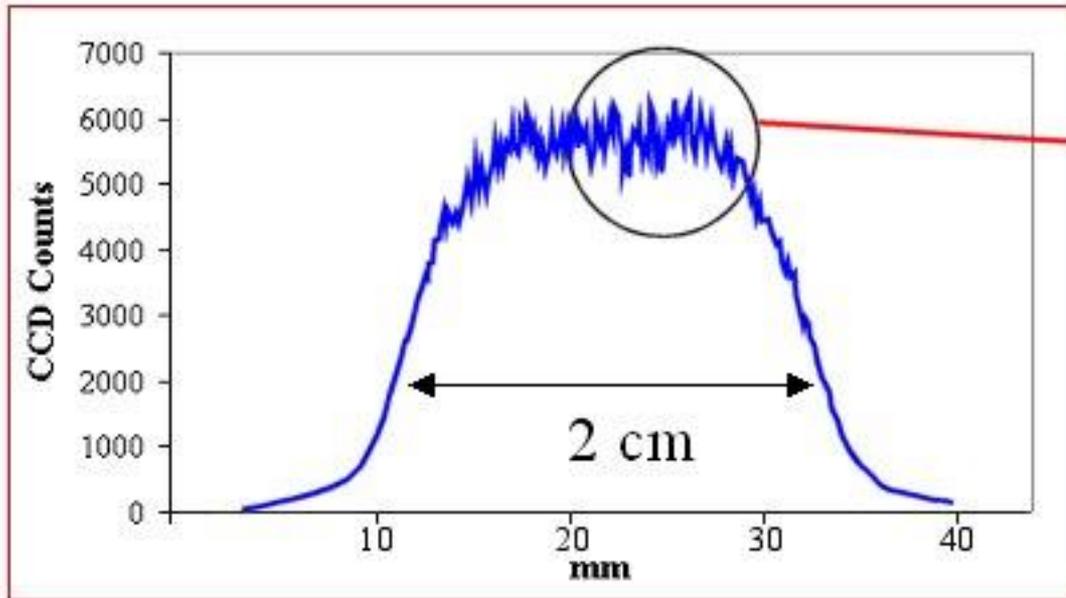
COLORAZIONE DEL LINO E LASER



PROFONDITA' DI COLORAZIONE E LUNGHEZZA D'ONDA LASER



LE CAUSE DELL'EFFETTO LOCALE



Profilo spaziale della intensità del fascio laser misurato da un rivelatore puntuale. Ci sono variazioni del 20% dovute alle fluttuazioni d'intensità del fascio laser, e quindi il tessuto non è irraggiato in modo omogeneo. Allora, poichè esiste una soglia per la colorazione, può accadere che due fibre adiacentisiano entrambe colorate oppure una colorata e l'altra no.

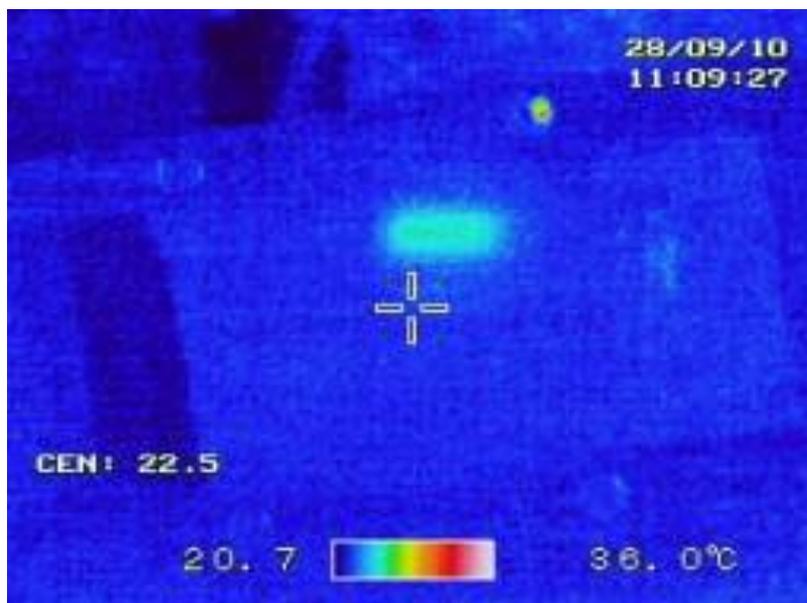
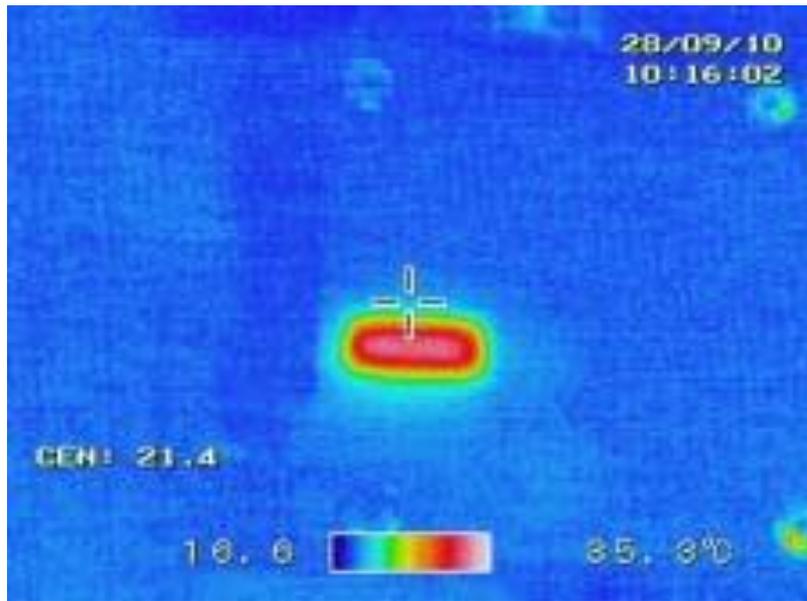
Effetto Termico o Fotochimico?

I laser possono avere sui lini un effetto termico (riscaldamento) o fotochimico (cambiamento molecolare), ed entrambi producono una colorazione, marrone il primo e giallo chiaro il secondo.

Per verificare l'azione dei laser a eccimeri, abbiamo misurato con una fotocamera termica la temperatura istantanea dei lini irraggiati. In alto si vede la macchia luminosa del laser a 308 nm che riscalda il tessuto a 33°C, mentre in basso il laser a 193 nm lo riscalda a 25°C da una temperatura base di circa 20°C.

La radiazione a 308 nm riscalda più che a 193 nm, ma nessuna delle due produce effetti termici consistenti.

I laser a eccimeri inducono solo processi fotochimici!



DISCUSSIONE

I laser ad eccimeri producono una colorazione permanente dei lini solo se l'impulso di luce è più corto di 100 ns.

La luce UV colora i lini solo in un ben definito intervallo di intensità:

- 15-20 MW/cm² a 308 nm (milioni di Watt),
- 2-4 GW/cm² a 193 nm (miliardi di Watt).

A 308 nm i lini sono marroni, marroni scuro,

A 193 nm sono giallo-seppia, come nella Sindone.

La colorazione è superficiale, quasi come nella Sindone.

Le fibrille irraggiate e colorate sono fragili, come nella Sindone.

I lini colorati non fluorescono, come nella Sindone.

CONCLUSIONI

I nostri risultati dimostrano che un brevissimo e intenso impulso di radiazione ultravioletta da vuoto (VUV) colora tessuti di lino in modo da riprodurre le caratteristiche della IC della Sindone.

La potenza richiesta per colorare una superficie uguale alla Sindone è circa $34 \cdot 10^{12}$ W (34 mila miliardi di Watt), ma nessun laser costruito fino a ora arriva a un millesimo di questa potenza.

Quindi a oggi nessun laboratorio al mondo è in grado di riprodurre la IC della Sidone con un solo impulso laser.

L'ipotesi che una esplosione di energia sia stata all'origine della formazione della IC è verosimile.

I risultati da noi ottenuti indicano che la IC potrebbe essere stata generata da un **LAMPO DI LUCE** molto intenso.

RINGRAZIAMENTI

L'autore è riconoscente al prof. Giovanni Novelli († giugno 2007) e padre Raffaele Sacco per utili discussioni e suggerimenti durante le fasi iniziali di questa ricerca iniziata nel 2005, e alla dott. Emanuela Marinelli che è stata sempre disponibile a condividere la sua profonda conoscenza dello sterminato campo sindonico.

E' grato ad Anna Fantozzi (consorte dell'autore), Assunta Ceccarelli e Mirella Aceto (entrambe parenti dell'autore) per aver fornito alcuni lini della propria dote matrimoniale.

Si ringraziano il dott.ri Francesco Baldacchini e Piero Chiacchiaretta per il loro aiuto nella elaborazione documentale, e il prof. Simone Venturini per le informazioni bibliche.