كلية الفنون التطبيقية
جامعة بنها

مادة: حفظ الأثار وصيانتها

الفرقة الثالثة

قسم النحت والتشكيل المعماري والترميم

تطبيقات الليـــزر في مجال حفظ الأثار وصيانتها
(الجزء الثاني)

Laser applications in restoration of antiquities

" Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation"

إعداد

د/ وائل أبو الغيط

٢٠٢٠م

دراسة تجريبية لتقييم تأثير طرق التنظيف بالليزر للأعفان والبقع الفطرية علي الأسطح الخشبية بواسطة تقنية الإستطياف الإنهياري المستحث بالليزر

Experimental study to evaluate laser cleaning of molds and stains effectiveness from wood surfaces by LIBS

الهدف من الدراسة

- يقدم هذا البحث دراسة تجريبية تركز علي أساس إزالة النموات والبقع الفطرية من الأسطح الخشبية غير الملونة باستخدام تقنيات الليزر. حيث أصبحت تقنيات الليزر من أهم الوسائل التي يمكن أن يعتمد عليها المرمم.
- ويعتبر التلف الميكروبيولوجي للمواد الأثرية العضوية من أهم وأخطر المشاكل الشائعة، وخاصة إزالة البقع اللونية الناتجة عن الصبغات الفطرية، والتي تعتبر حتى الآن من المشاكل الصعبة الحل وخاصة في ترميم وصيانة المواد الأثرية العضوية المسامية مثل الأخشاب.

- إن الاختيار المناسب لنوع أشعة الليزر المستخدمة ولظروف التشغيل كذلك تعتبر من العوامل المتحكمة في نتائج عملية التنظيف، والتي تساهم أيضا بشكل أساسي في تجنب الآثار الجانبية التي يمكن حدوثها أثناء عملية التنظيف للطبقات السطحية الأثرية المجاورة للتكلسات والأجسام الفطرية ونواتج التلف البيولوجي التي يجري معالجتها بالليزر.
- إن تقنية الإستطياف الإنهياري المستحث بواسطة الليزر LIBS هي تقنية تحليلية تمكن من التعرف علي المكونات العنصرية للمواد اعتماداً علي الخواص الذرية الطيفية المنبعثة من جزيئات البلازما الدقيقة الناتجة عن طريق تركيز شعاع من الليزر عالي الطاقة علي المواد المراد دراستها. إن نجاح عملية التنظيف بالليزر مرتبط بشكل كبير بتقنية الإستطياف الإنهياري المستحث بالليزر LIBS، حيث أنه من المهم جداً عند تطبيق أي طريقة للتنظيف بتقنية الليزر، التحكم في زمن ومستوي هذه العملية الذي يجب التوقف عنده.

وفي هذه الورقة البحثية فقد تم إجراء مجموعة من تجارب واختبارات التعريض باستخدام شعاع الليزر من نوع ليزر YAG ذي الأطوال الموجية المختلفة التي تتراوح بين ١٠٦٤ نانوميتر والذي يطلق عليه the first harmonic وهو ليزر الـ IRالذي يعمل بطاقة ٣٠٠ مللي جول بمعدل أعلي من ٣٠ هيرتز،

كما استخدم ليزر الـ green ذي الطول الموجي ٥٣٢ نانوميتر بعد إضافة KTP crystal- potassium tri phosphate والذي يعطي شعاع الليزر الأخضر اللون ويسمي هذا النوع the second harmonic،

واستخدم أيضاً ليزر الـ UV ذي الطول الموجي ٣٥٥ نانوميتر مع لإضافة DKDP crystal والذي يطلق عليه the third harmonic، وليزر الـ UV ذي الطول الموجي ٢٦٦ نانوميتر بإضافة KDP crystal والذي يطلق عليه the fourth harmonic.

- وقد تم اختيار أنسب طرق التشغيل للبقع والأجسام الفطرية المراد تنظيفها علي مجموعة مختلفة من العينات الخشبية، وقد تم تقييم النتائج بطرق الفحص والتحليل المناسبة بعد إجراء المعالجات.

المواد وطرق العمل:

١- تجهيز العينات الخشبية:

لقد تم تجهيز مجموعة من العينات الخشبية تم تقطيعها بأبعاد ٧ x ٢٠ مم فى القطاع العرضي، ٧٠مم فى القطاع الطولى لأنواع مختلفة من الأخشاب طبقا لما ورد فى المواصفة الأمريكية لاختبارات المواد ASTM D4445-09a وهي:

- Scots Pine (*Pinus Sylvestris* L., Pinacae) خشب السويد
- Pitch Pine (*Pinus rigida* Mill.) خشب العزيزي
- European beech (*Fagus sylvatica* L., Fagaceae) خشب الزان

- وقد تم تجفيف العينات بعد إعدادها في الفرن عند ١٠٥ ْم لمدة ٢٤ ساعة ثم تعقيمها في الأوتوكلاف في صورة مجموعات عند ١٢١ ْم، لمدة ٢٠ دقيقة، وبذلك أصبحت العينات معدة للاختبارات البيولوجية.

٢- الحصول على الفطريات: Fungal strains

- تم الحصول علي بعض أنواع الفطريات من بعض المسحات والعينات الأثرية، لبعض القطع الأثرية وهي:
- أ- بندقية يدوية التعمير خاصة بالخديوي إسماعيل (١٨٦٣- ١٨٧٩م)، مصنوعة من دبشك خشبي وماسورة من الحديد، محفوظة بالمتحف الحربي القومي بالقلعة بالقاهرة.
- ب- سيف أثري من العصر العثماني (القرن ١٣هـ/ ١٩م)، مصنوع من يد خشبية ونصل من الحديد، محفوظ بالقسم الاسلامي بالمتحف الحربي القومي بالقلعة بالقاهرة.

- *Alternaria alternata.*
- *Fusarium subglutinans.*
- *Chaetomium globosum.*
- *Aspergillus niger.*
- *Trichoderma viride.*

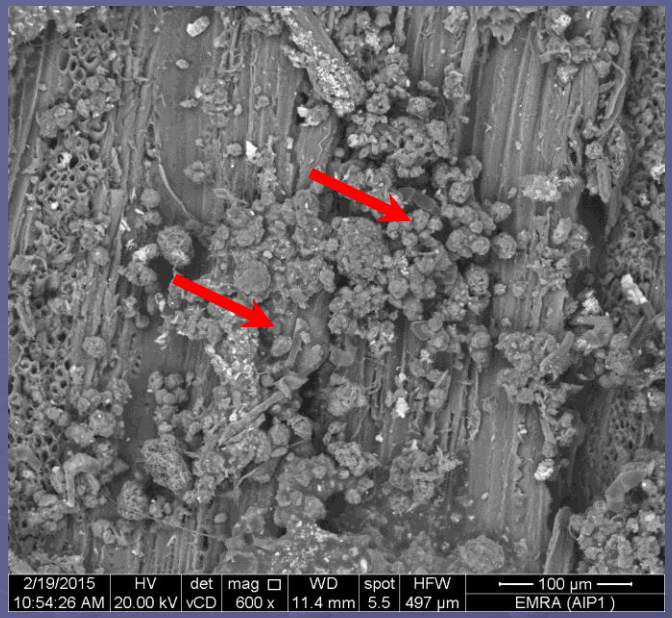
٣- التلقيح والتحضين Inoculation, Incubation:

- يتم وضع من ٨ – ١٠ طبقات من ورق ماص أو ورق ترشيح فى كل طبق من أطباق بترى، ثم تبلل الاورق بالماء حتى يتشبع الورق كله بالماء ونحصل على كمية زائدة فى الأطباق، مع ملاحظة الضغط الخفيف على طبقات الورق لإخراج أى فقاعات هوائية قد نوجد بينها، ثم نضع قضيب زجاجي على شكل حرف (U) قطره ٣مم أو شبكة من البولي إيثيلين Polyethylene mesh spacer على سطح الورق الماص المشبع بالماء فى أطباق بترى التى سبق تعقيمها، وذلك كما جاء فى المواصفة الأمريكية ASTM, D4445-09a.
- وقد تم التلقيح بطريقة معلق الجراثيم spore suspension وفى ظروف جوية معقمة على الورق الماص مع السماح لكمية صغيرة من الجراثيم على الأقل بإصابة إحدى النهايات العرضية للعينات الخشبية، توضع الأطباق فى أكياس من البولي إيثيلين لمنع الجفاف والاحتفاظ بالمحتوى الرطوبي وتحضن عند ٢٥° م فى الحضانة Incubator، مع ملاحظة إعادة ترطيب الوسائد الورقية أسفل العينات كل فترة طوال مدة التحضين بالماء المقطر المعقم للحفاظ على ظروف الرطوبة الملائمة للنمو الفطرى، وقد تم التحضين لمدة ١٢ أسبوع.

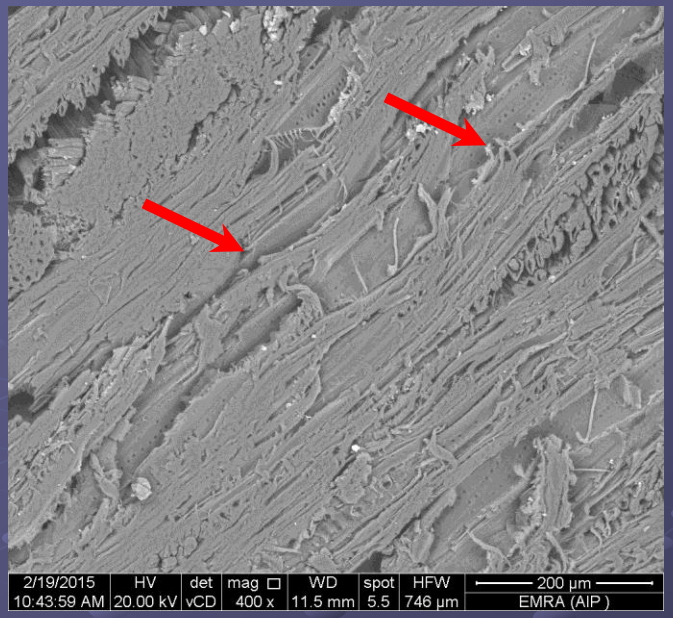
A SWORD BITTOWAN PERIOD
13 TH C.A. D. 19 TH C.A. D

مصر
Egypt
بنادق خاصة
بالخديوى اسماعيل
Private Rifles Of
Khedive Ismail

torula
myco
Alter.
fast.
chaeto

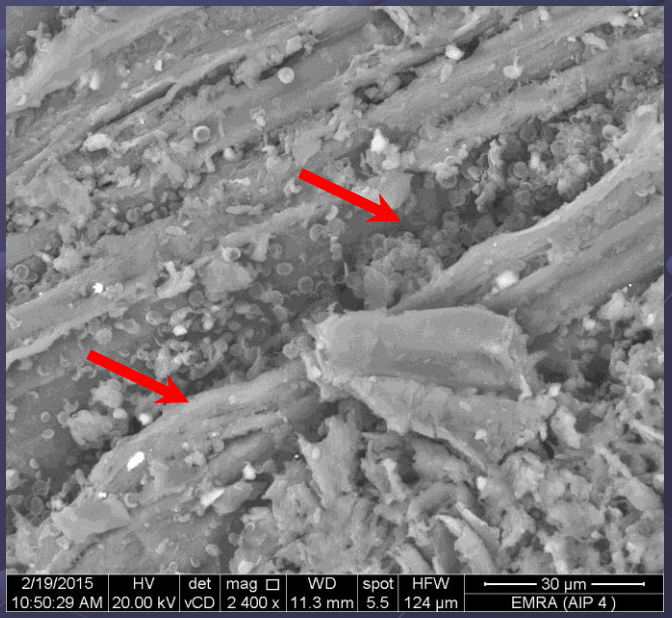


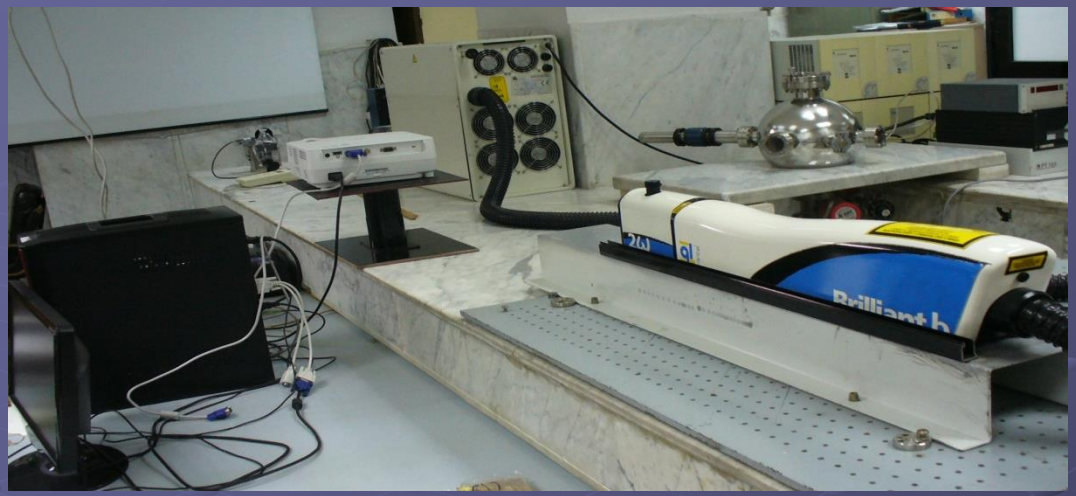
A. alternata



Without Fungi

A. niger





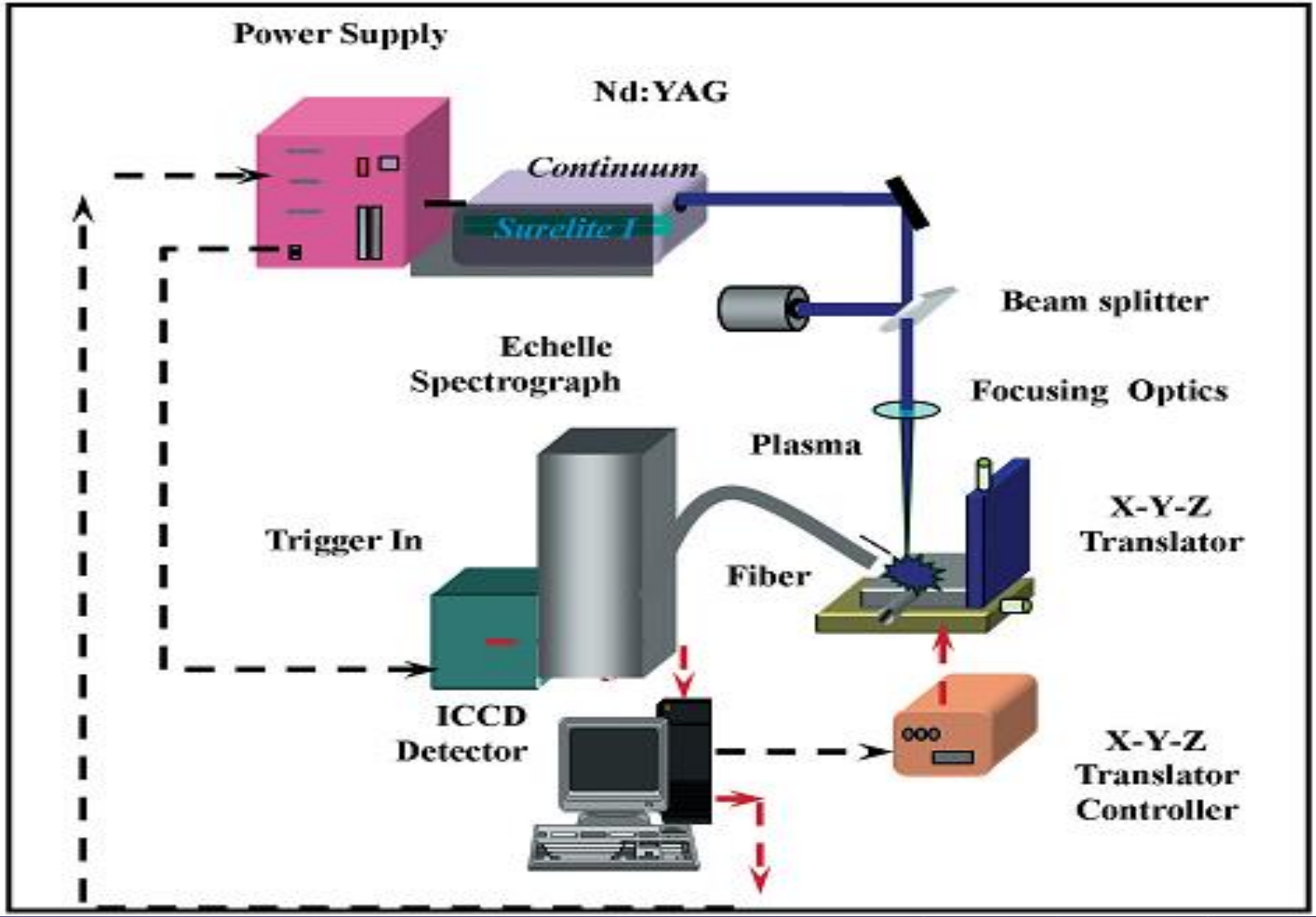
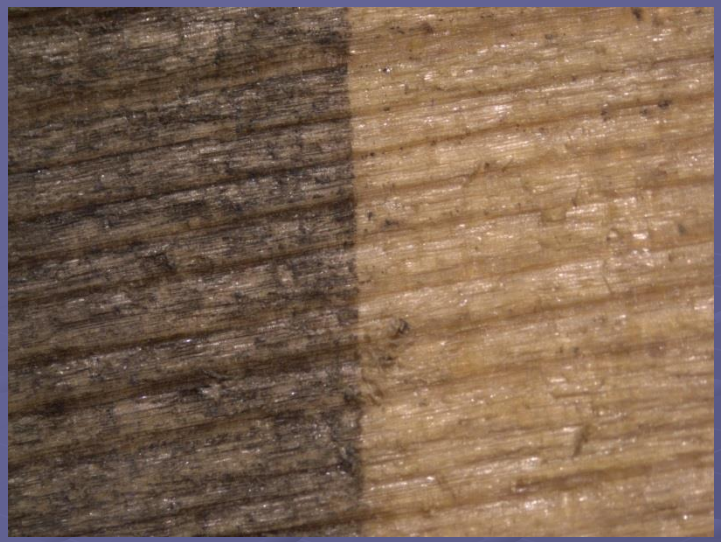
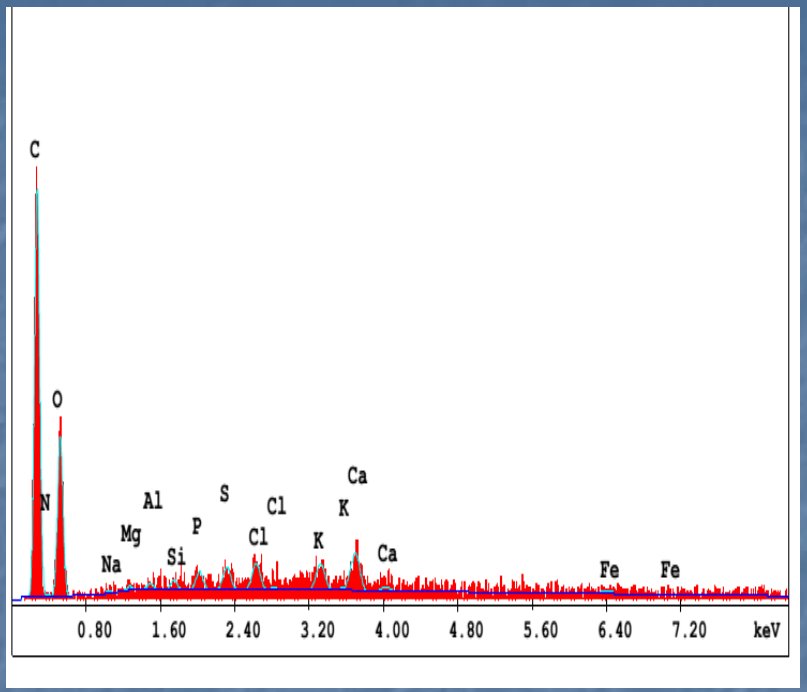
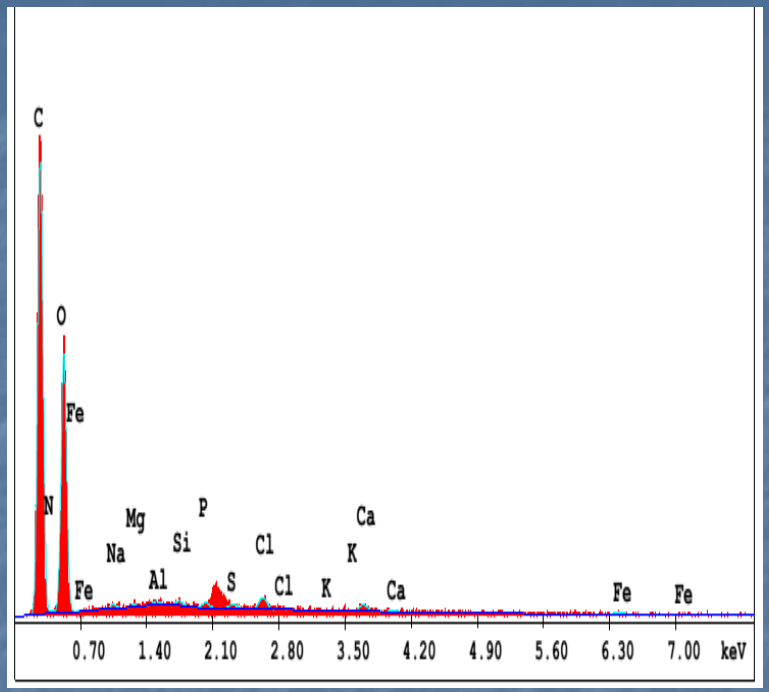


Figure .... The schematic diagram of the Laser Induced Break-Down Spectroscopy; experimental arrangement used for identification elements of the colored glazes, and ceramic bodies of Mamluk and Ottoman ceramics.

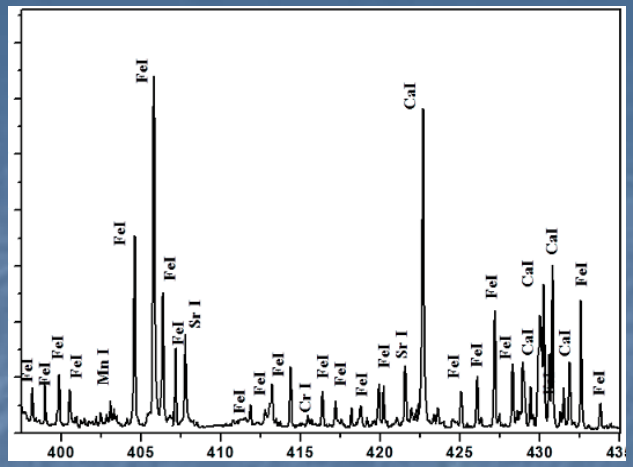


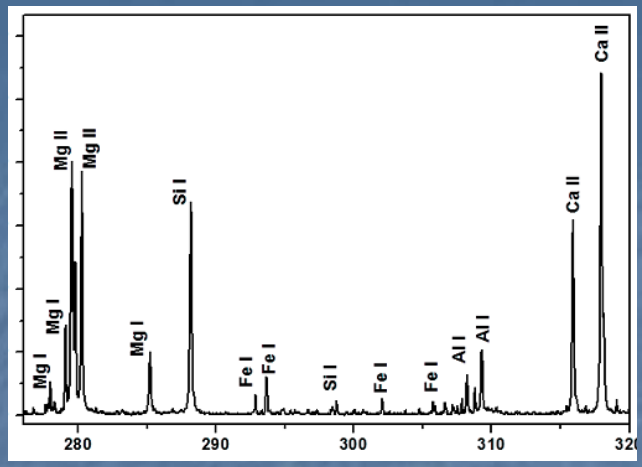


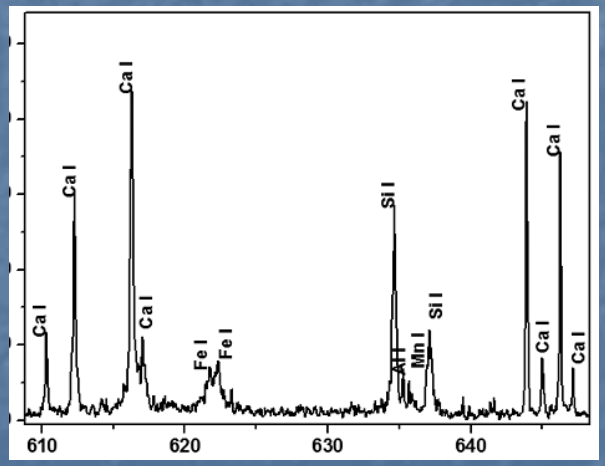
A. alternata

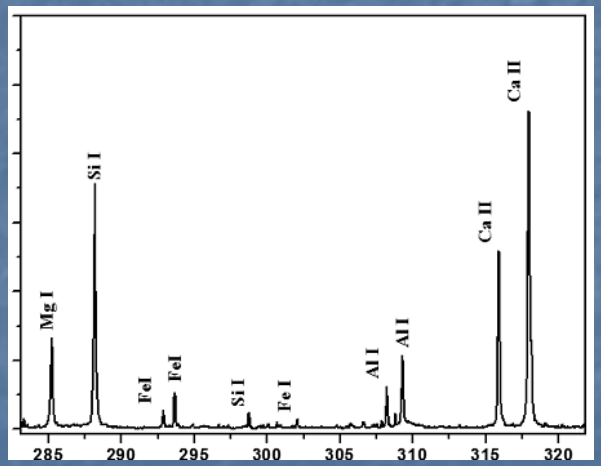


Without Fungi


Fe I
Fe I
Fe I
Fe I
Mn I
Fe I
Fe I
Fe I
Sr I
Fe I
Fe I
Fe I
Cr I
Fe I
Fe I
Fe I
Fe I
Sr I
Ca I
Fe I
Fe I
Fe I
Ca I
Ca I
Ca I
Ca I
Fe I
Fe I
400
405
410
415
420
425
430


Mg I
Mg I
Mg II
Mg II
Mg I
Si I
Fe I
Fe I
Si I
Fe I
Fe I
Al I
Al I
Ca II
Ca II
280
290
300
310


Ca I
Ca I
Ca I
Ca I
Fe I
Fe I
Si I
Al I
Mn I
Si I
Ca I
Ca I
Ca I
610
620
630
640


Mg I
Si I
Fe I
Fe I
Si I
Fe I
Al I
Al I
Ca II
Ca II
285
290
295
300
305
310
315
320

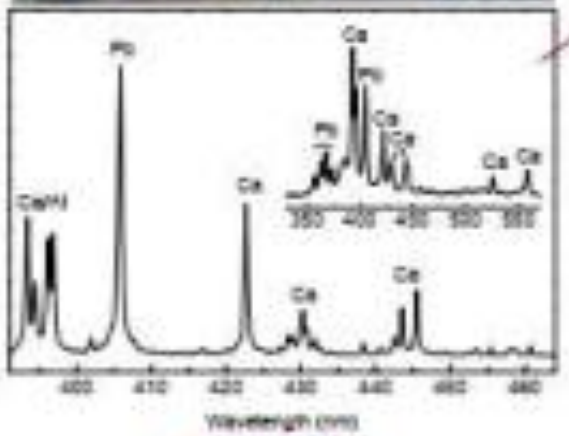
نتائج البحث

أظهرت نتائج التنظيف باستخدام اشعة الليزر التي تم تجريبها في هذا البحث كفاءة عالية في تنظيف البقع الفطرية المتكونة علي العينات الخشبية عند ظروف تشغيل جهاز الليزر ذي الضوء الأخضر بطول موجي ٥٣٢ نانوميتر بقوة ٤٠ملي جول ذي عدسة مركزة ٦مم عند ٥هيرتز بمعدل عشرة نبضات في الثانية ولمدة أربعة دقائق، والتي أعطت فاعلية في تنظيف وإزالة الميسليوم النامي والبقع الفطرية المتكونة، وقد تم تأكيد هذه النتائج من خلال الفحص والتصوير بالميكروسكوب الالكتروني الماسح، والتحليل العنصري بوحدة ال E.D.X وكذلك نتائج التحليل بال LIBS للعينات قبل وبعد المعالجات .

التوصيات

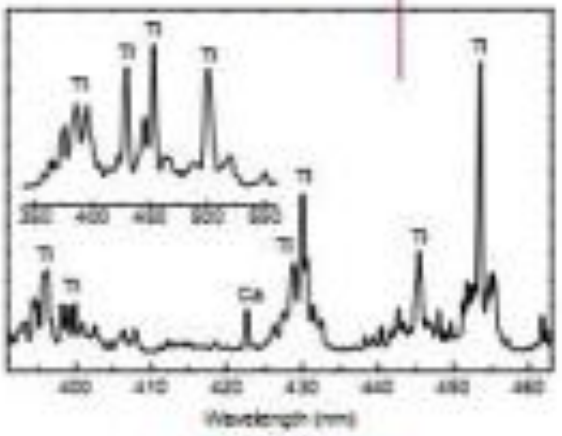
- يوصي البحث المرممين والباحثين والمهتمين بالآثار بضرورة استخدام وتطوير تقنيات وأجهزة الليزر لخدمة مجال الترميم لما له من مميزات كبيرة في الحفاظ علي المقتنيات الأثرية المختلفة، والوصول بها لحالة من الثبات كأحد الوسائل الفيزيائية الهامه المستخدمة في ترميم وصيانة القطع الفنية الاثرية دون التأثير علي خواص المادة الاثرية.

Laser spectroscopy (LIBS) for analysis



Original

Lead white $(Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3)$

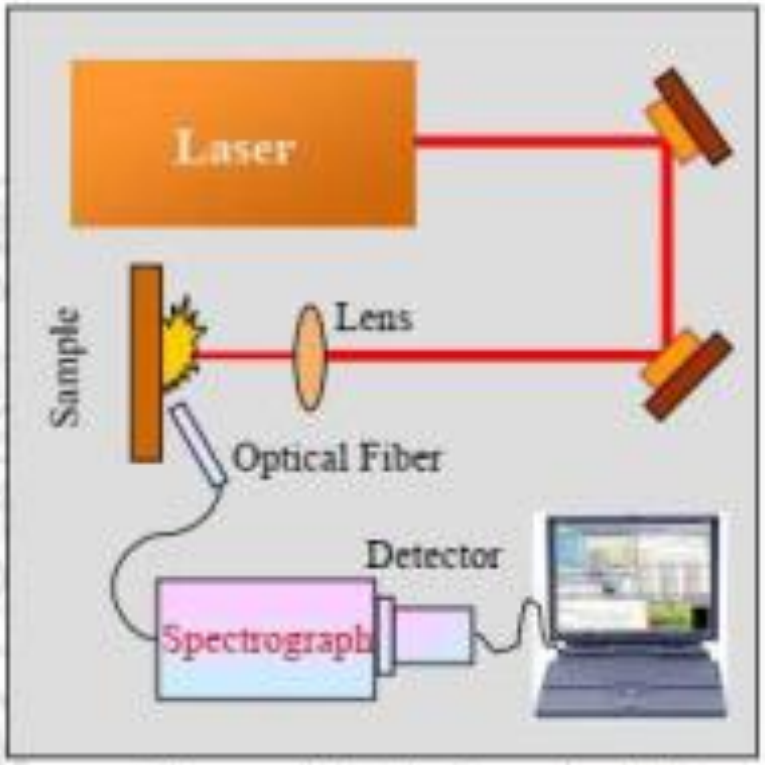


Retouched

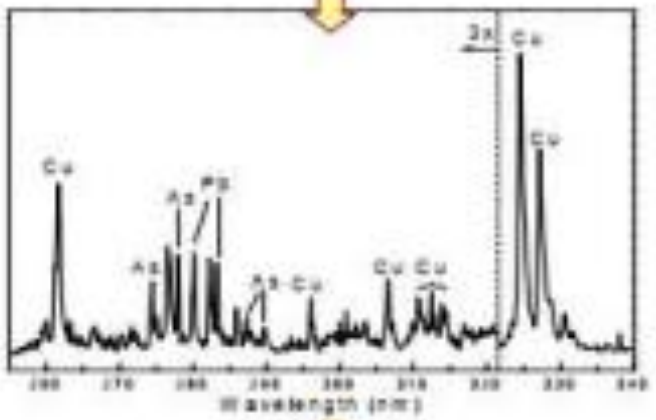
Titanium white (TiO_2)

Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)

IESL- FORTH



Spectral information from *micro-plasma* generated when a *laser pulse* probes the sample/object surface



Characteristic Spectral Lines ⟺ Which elements?

Line Intensity ⟺ How much of each?

$$I_{\omega}^{ik} = N \frac{h\omega}{8\pi^2} \frac{g_i A_{ik} e^{-(E_i/k_B T_e)}}{Z(T_e)}$$

IESL- FORTH

Mobile LIBS (LRMH, V. Detalle)

At Saint-Savin-sur-Gartempe, France

IESL- FORTH

LMNTII : A portable LIBS instrument

At the Archaeological Museum of Ancient Corinth, Greece

(Frankish coins analysis, 09/2010)

IESL- FORTH

Laser Ablation : A new cleaning method

Laser irradiation of solid surface

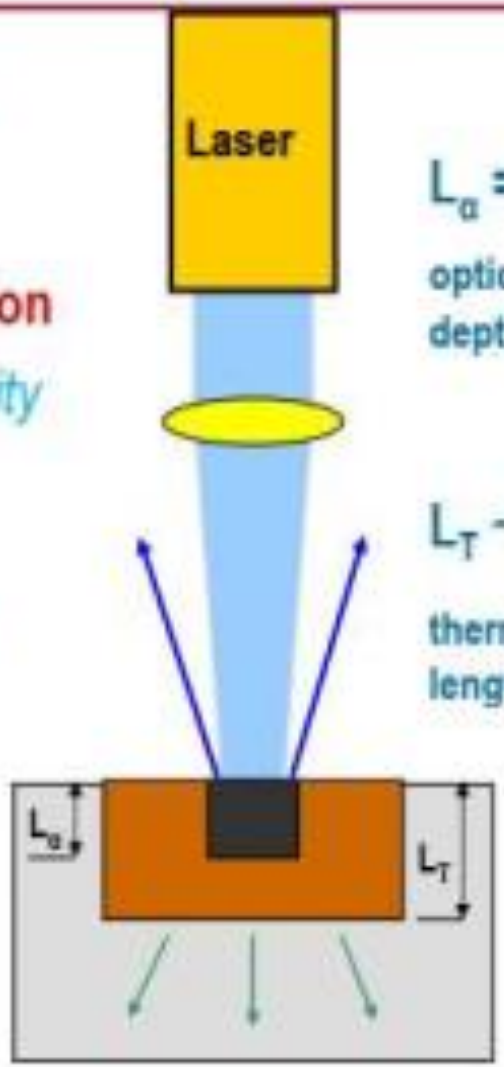
Light absorption → Material excitation

Laser wavelength – material absorptivity

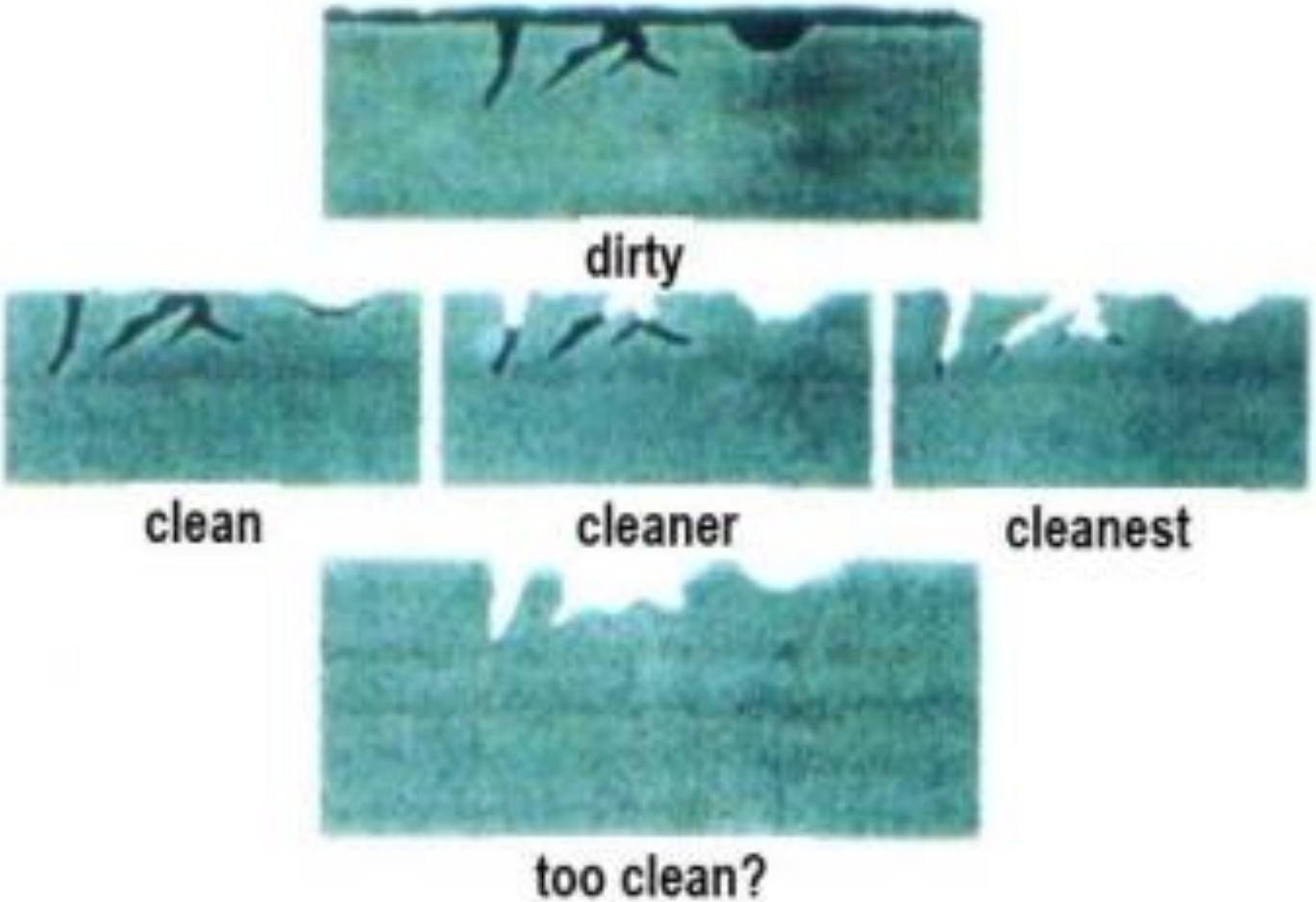
Thermal / chemical / mechanical breakdown

Laser pulsewidth (nanoseconds)

Material ejection /removal



Main question : What is "clean"?



Thank You!