

激光诱导击穿光谱仪实验

王路BC21004008

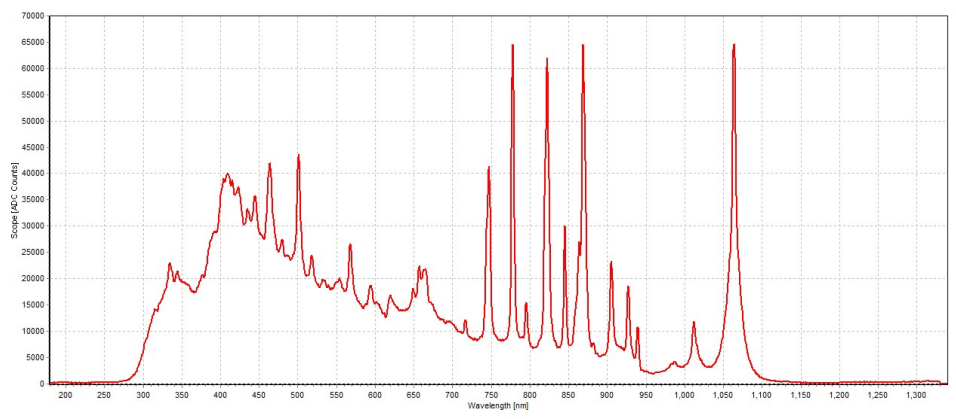
一. 实验原理

Laser-Induced Breakdown Spectroscopy(激光诱导击穿光谱仪), 激光诱导击穿光谱是一种元素检测 分析的新技术.利用聚焦的激光脉冲作用于材料表面,形成局部高温,导致局部样品汽化,致使样品原子或分子处于激发状态或电离,从而在样品表面形成等离子体.

等离子体中的激发态原子和离子等在弛豫过程中部分能量以光的形式辐射出来,这种辐射光带有明显的元素特征信息.因此,通过光谱仪收集,记录和分析辐射出来的光谱信号即可以对固体、液体和气体样品中的化学元素进行定性和定量分析.除了原子发射的特征峰以外,谱图中一般还有由于带电粒子韧致辐射产生的辐射,但是这种辐射形成连续的背景谱线,般并不影响元素的鉴别.

二. 实验数据

1. 空气特征光谱



实验获得的激光诱导击穿空气光谱

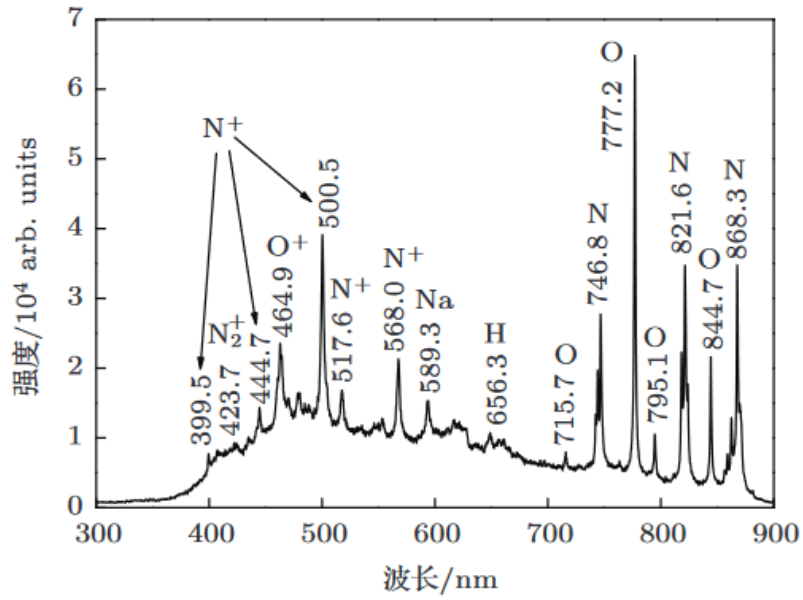


图2 激光诱导击穿大气等离子体光谱图

表1 激光大气等离子体主要线状谱线的归属情况

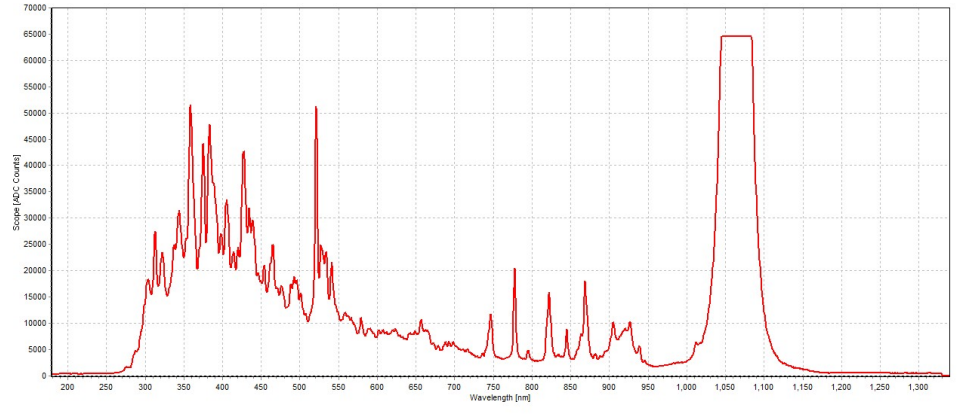
粒子种类	谱线位置/nm	跃迁形式
N ₂	333.9	C ³ Π _u → B ³ Π _g
N ⁺	343.7	3p(¹ S) → 3s(¹ P ⁰)
N ⁺	399.5	3p(¹ D) → 3s(¹ P ⁰)
N ⁺	403.8	4f(³ D) → 3d(³ F ⁰)
N ₂ ⁺	423.7	B ² Σ _u ⁺ → X ² Σ _g ⁺
N ⁺	444.7	3d(³ D ⁰) → 3p(³ D)
O ⁺	464.9	3p(⁴ D ⁰) → 3s(⁴ P)
N ⁺	500.5	3p(³ S) → 3s(³ P ⁰)
N ⁺	517.6	3d(⁵ D) → 3p(⁵ P ⁰)
N ⁺	568.0	3p(³ D) → 3s(³ P ⁰)
O	715.7	3p(¹ D ₂) → 3s(¹ D ₂ ⁰)
N	746.8	3p(⁴ S ⁰) → 3s(⁴ P)
O	777.2	3p(⁵ P) → 3s(⁵ S ⁰)
O	795.1	3d(³ F ⁰) → 3s(³ D ⁰)
N	821.6	3p(⁴ P ⁰) → 3s(⁴ P)
O	822.2	3p(³ D) → 3s(³ D ⁰)
O	844.7	3p(³ P) → 3s(³ S ⁰)
N	868.3	3p(⁴ D ⁰) → 3s(⁴ P)

来源：[1]刘玉峰,丁艳军,彭志敏,黄宇,杜艳君.激光诱导击穿空气等离子体时间分辨特性的光谱研究[J].物理学报,2014,63(20):262-268.

从图中可以看出,激光诱导击穿大气等离子体光谱是由连续光谱和线状光谱叠加而成,并且400—700 nm可见光波段的连续谱强度高于700—900 nm的红外波段的连续谱强度,一般情况下,激光诱导击穿大气等离子体的连续光谱部分可以认为是由韧致辐射和复合辐射产生的.韧致辐射是等离子体中的高温自由电子与其他粒子碰撞过程中发生自由态-自由态跃迁而降低温度、损失能量发出光子的过程,复合辐射过程是自由电子与离子碰撞时被离子俘获而变为束缚态的电子后,多余的能量以光子的形式释放出来的过程。

从这些结果可以看出,激光大气等离子体中的中性原子 N, O 的谱线大多分布在700—900 nm的红外光谱范围内,而相应的氮和氧离子谱线则分布在400—600 nm的可见光波段。

2. 不锈钢



实验获得的激光诱导的不锈钢击穿光谱

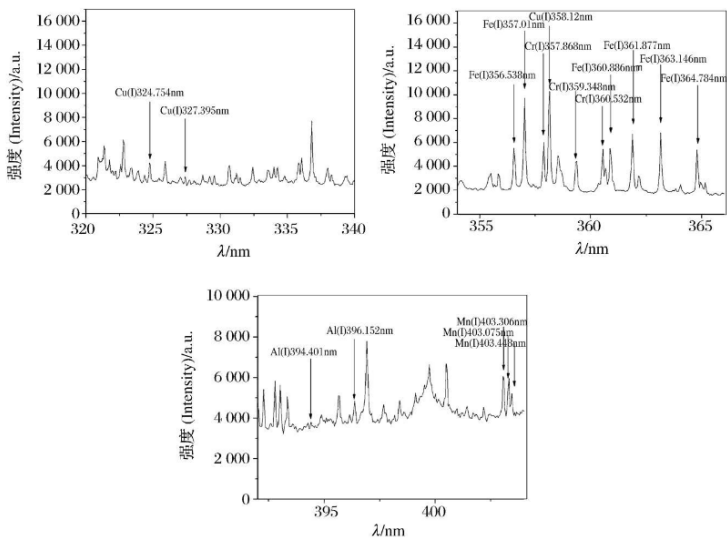


图 2 3# 样品中分析元素谱线
Fig. 2 Analytical lines of elements in sample 3#

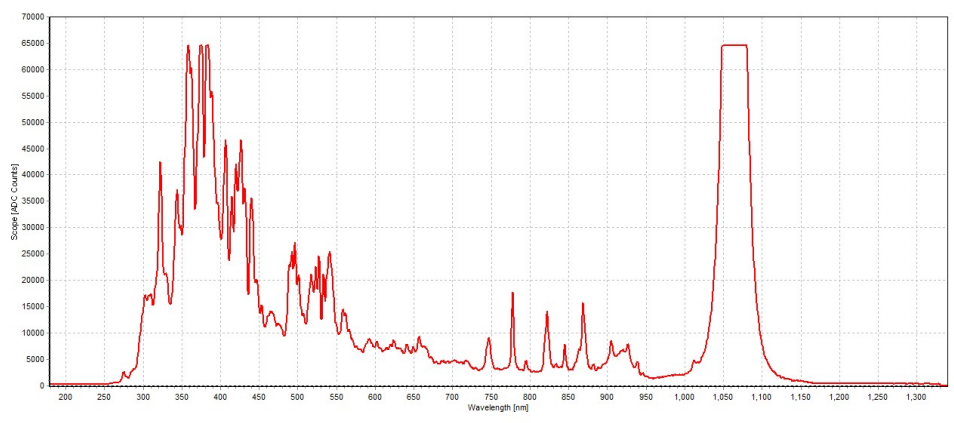
表 2 用于定量分析的元素及特征谱线
Table 2 Analytical elements and their characteristic spectral lines

元素 Element	分析谱线(nm) Analytical lines
Fe	356.538, 357.01, 358.12, 360.886, 361.877, 363.146, 364.784
Cr	357.868, 359.348, 360.532
Mn	403.075, 403.306, 403.448
Al	394.401, 396.152
Cu	324.754, 327.395

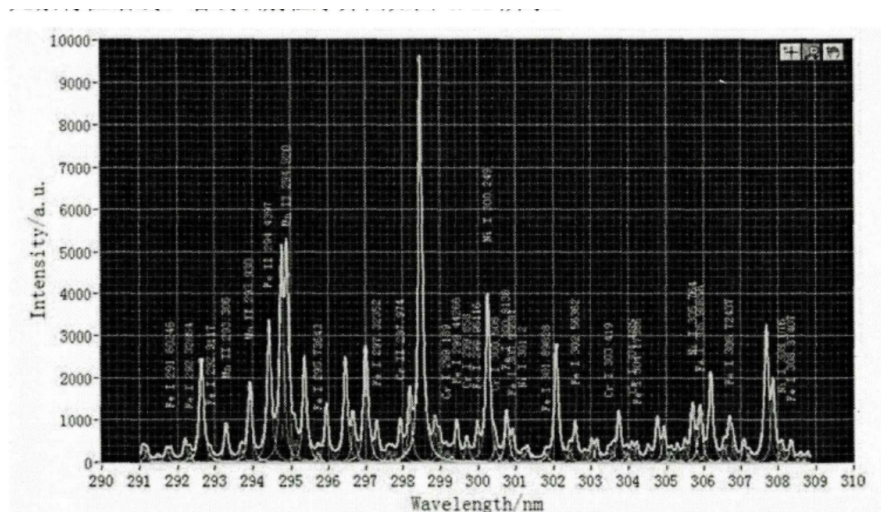
[1]刘宗鑫,沈学静,李冬玲,赵雷.基于激光诱导击穿光谱的增材制造成分梯度不锈钢样品的成分分布研究及应用[J].光谱学与光谱分析,2020,40(07):2289-2295

不锈钢分析谱线主要集中在300-450nm 的范围内，400-600范围中也涵盖了一些空气中氮氧离子的谱线，通过查找到的资料，在这个激光诱导击穿不锈钢光谱中主要含有铁，镉，锰，铝，铜等元素谱线

3. 碳钢



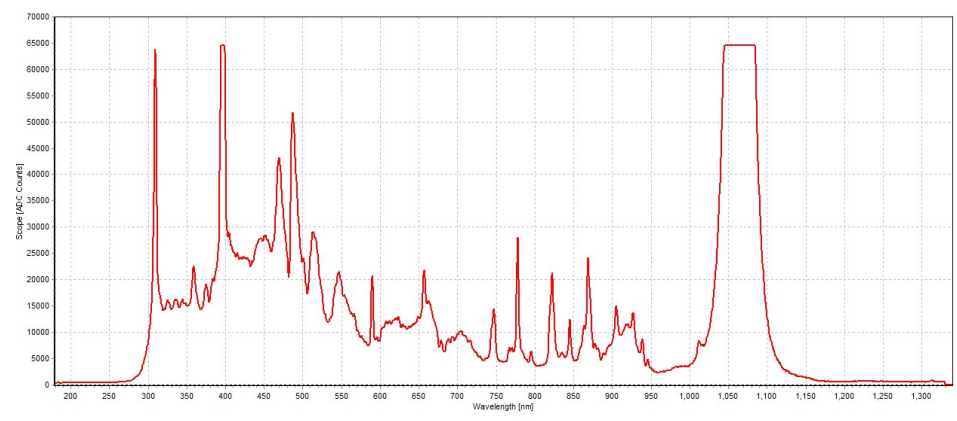
实验获得的碳钢激光诱导击穿光谱



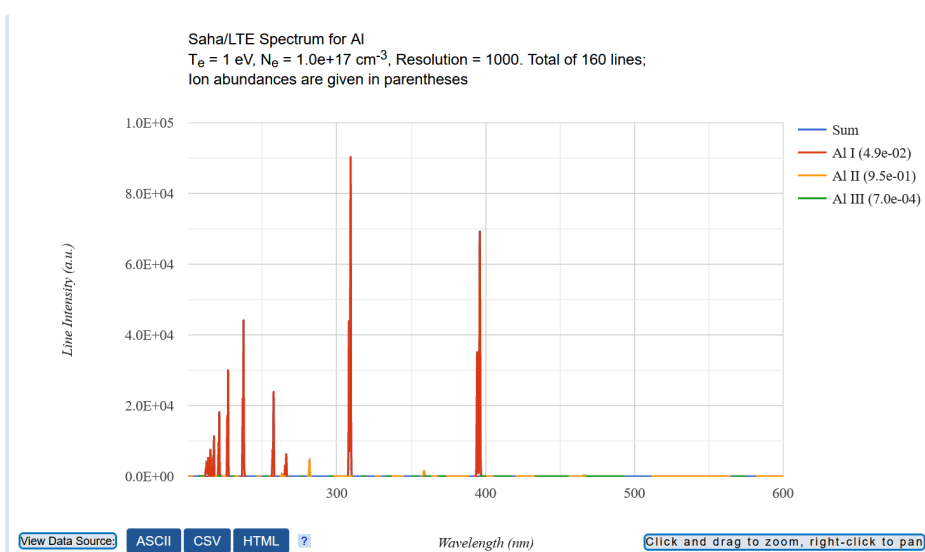
[1]于云偲. 固态和熔融碳钢中多元素LIBS测量实验研究[D].中国科学技术大学,2015.

实验光谱图中，谱线主要集中出现在300-450nm波段，主要包含铁，镉，锰等元素的谱线

4. 铝



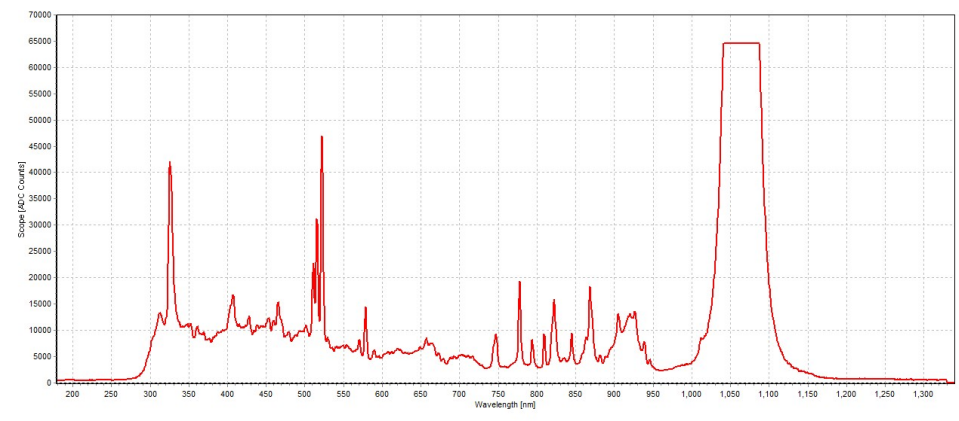
实验获得的铝激光诱导击穿光谱



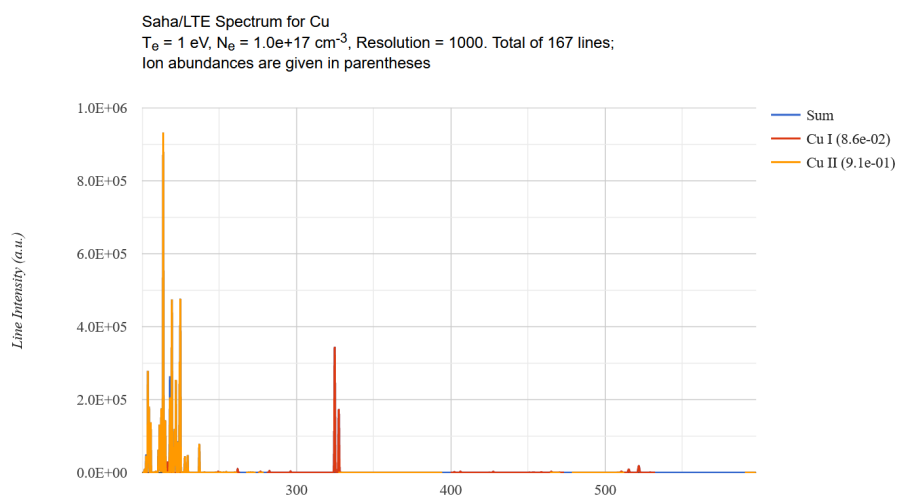
来源： (national institute of standard and technology) https://physics.nist.gov/cgi-bin/ASD/lines1.pl?composition=Al%3A100&mytext%5B%5D=Al&myperc%5B%5D=100&spectra=Al0-2&low_w=200&limits_type=0&upp_w=600&show_av=2&unit=1&resolution=1000&temp=1&eden=1e17&maxcharge=2&min_rel_int=0.01&libs=1

对比实验所获得的铝的谱线图与标准铝的激光光谱图，在330nm左右的线谱和400nm左右的线谱 可以对应起来，是被激发的铝的一价离子谱线。

5. 铜



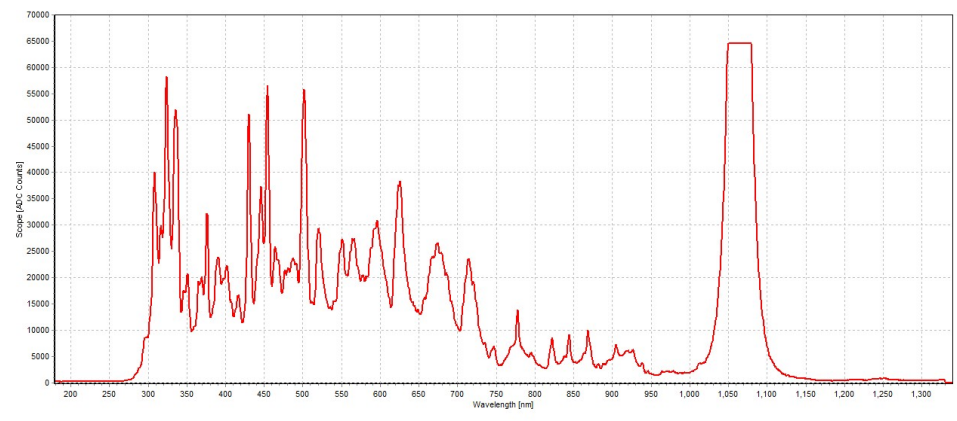
实验获得的铜激光诱导击穿光谱



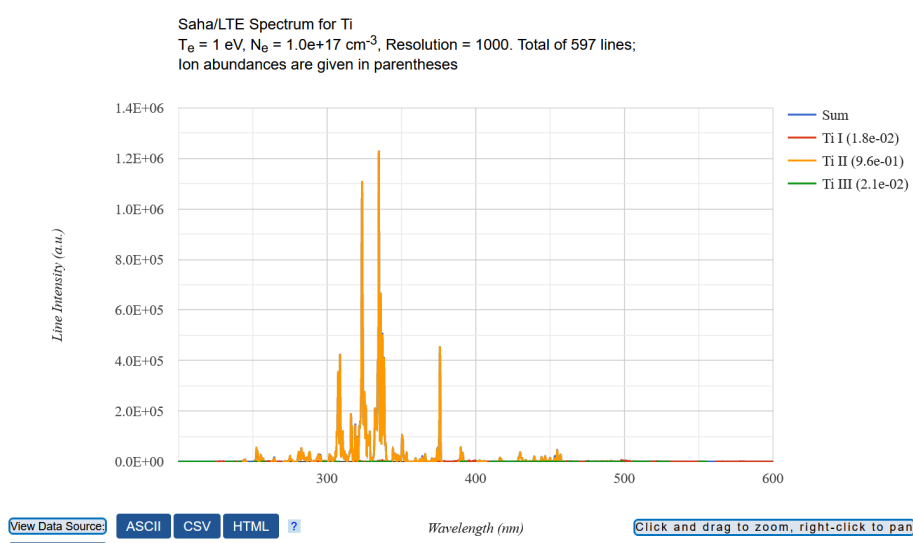
来源： (national institute of standard and technology) https://physics.nist.gov/cgi-bin/ASD/lines1.pl?composition=Cu%3A100&mytext%5B%5D=Cu&myperc%5B%5D=100&spectra=Cu0-2&low_w=200&limits_type=0&upp_w=600&show_av=2&unit=1&resolution=1000&temp=1&eden=1e17&maxcharge=2&min_rel_int=0.01&libs=1

对比标准图，实验中获得330nm左右的线谱和520nm左右对应的线谱分别对应了被激发的一价铜离子；实验中几乎没有观察到二价铜离子的光谱

6. 钛



实验获得的钛激光诱导击穿光谱



来源: (national institute of standard and technology) https://physics.nist.gov/cgi-bin/ASD/lines1.pl?composition=Ti%3A100&mytext%5B%5D=Ti&myperc%5B%5D=100&spectra=Ti0-2&low_w=200&limits_type=0&upp_w=600&show_av=2&unit=1&resolution=1000&temp=1&eden=1e17&maxcharge=2&min_rel_int=0.01&libs=1

对比查找到的标准谱，实验中观察到的300-400nm左右的四个峰值都对应了二价钛离子的光谱；

三. 实验思考

1. 在所有的实验光谱中，大约在520nm波段都存在一个峰值，在一些谱线图中比较明显，我认为这是由于在探测光谱时，所有的样品都暴露在空气中，这个大约在530nm波段的峰值对应的是空气中的 N^+ 离子，在一些样品（如不锈钢）的样品中，也含有N，所以光强更大。

