

身近な金属の
ミクロ組織を読む

第●回
62

レーザーの世界

～ 接合から通信・医療まで～

● レーザとは

鉄を熱すると赤く色が変わります。なぜ熱せられた鉄が赤い光を発するのでしょうか。それは加熱により鉄の原子がエネルギー準位的に高い準位に押し上げられた状態(励起状態)にあり、それがより安定なエネルギー準位に落ちていくときに、赤色に相当する振動数を持つ光線を放つので赤く見えるのです。これを「自然放出」現象といいます。外から光の刺激を与えて、光を放出させることを「誘導放出」といい、この原理を用いた光をレーザーと言います。

レーザー(LASER)という言葉は、Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (誘導放射による光の増幅)の頭文字をとったものです。われわれの周りにはあらゆるところにレーザーが見られます。コンビニやスーパーでは牛乳やキャベツについたバーコードを、レーザーで読み込ませて素早く勘定ができます。最近の講演会や発表ではレーザーポインターが欠かせません。パソコンの出力データをレーザープリンターが鮮明かつ高速で印刷してくれま。光通信は急速に広がってきました。このようなレーザーの世界に触れてみましょう。

● レーザ光の特徴

昔、小学校で太陽の光をプリズムに当てると、七色の虹のように分かれるということを知ったことを覚えていますか。それは太陽光が一つの波長の電磁波ではなく、多数の波長を持った光が重なり合って白色になっているからです。ローソクの光も蛍光灯の光も同じです。ところがレーザー光を同じプリズムに当てるとどうなるでしょうか。レーザーは通常一つの波長しか持ちませんので、色が分かれることはありません。これをレーザーの単色性といいます。レーザーの中には多色性を持つものもありますが、多くのレーザーは表1¹⁾に示すように、それぞれ固有の波長を持っています。このため計測、光通信など多くの科学分野で広くこの特性を利用したレーザー応用技術が開発されています。

このほかレーザー光には直進性が高いという特徴があります。強力なサーチライトでも遠くに行くと、光が散乱してしまい、ビー

ムとしての性質は失せてしまいますが、レーザービームは直進性が高いため、これを用いた計測が広く活躍しています。また、光は波動運動をしていますので、それぞれの波と波の間には振幅がゼロのところ、すなわち位相があります。通常の光はそれぞれの光源で位相がずれていますので、これらの光を集めて強力な光にしようとしても、波形の山の部分と谷の部分が互い打ち消し合っており、なかなか強力になりません。

一方、レーザーは光線の位相がそろっていますので、山と山、谷と谷が重なり、大振幅などでも強力な光となります。レーザー核融合の研究に用いられているレーザー光の強さは数兆ワットととても大きく大きなものです。太陽光は1平方センチあたり0.1あるいは0.2ワット程度ですから、これがいかに大きな値であるかわかり頂けるでしょう。

● 光通信時代とレーザー

光の速さと電子の速さを比較すると、光は秒速30万km、電子は秒速16万kmです。電氣通信にくらべ、光通信は高速で情報処理量も多いという特徴があります。アメリカのガラス会社コーニング社が伝送損失の低いファイバーを開発したことにより、光ファイバーによる光通信が情報化社会の重要な部分を占めるようになりました。光ファイバーは人間の髪の毛ほどの細いガラスでできており、その中に光信号をそれほど減衰させずに遠方まで伝搬させることができる高性能な伝送媒体です。光ファイバー通信システムの基本構成を図1²⁾に示します。

まず、電話、パソコンなどの端末から送られる電氣信号は、E/O変換器により光信号に変換され、光ファイバーに送り込まれます。光ファイバーの中を伝搬した信号は、通信相手のO/E変換器へ届くと、光信号が電氣信号に変換され、各端末に送られます。E/O変換器には小電流で動作する安定・長寿命の光源として半導体レーザーを用いた発光素子が用いられています。電氣の'0','1'信号は、光の点滅信号に変換されます。これを強度変調と呼びます。半導体レーザーは、高速に変調することが可能であるため、高速データ

通信に適しています。信号の伝送路は、通信速度が速いことが望まれます。同軸ケーブルの場合には、通信速度を速くすると信号の減衰が大きくなるため実用上限界がありますが、光ファイバーでは通信速度を速くしても減衰は起きないため、多量の情報を送ることができます。

● レーザ治療

レーザーをわれわれの皮膚にあてると、皮膚はレーザーを吸収して、温度が上がるとともに皮膚のタンパク質が変化します。100℃近くになると細胞の脱水・凝固が起こり、300℃から400℃まで上昇すると、細胞の分子構造が崩壊し炭化が起こります。さらに強力にレーザーを照射すると、細胞も気化し切断されます。いま、この細胞がガン細胞ならば、ガン細胞を破壊、崩壊することができます。レーザーメス(図2³⁾)では数百マイクロンにレーザービームを絞ることが出来るので、微細な手術が可能であり、切開部の周りの細胞壊死層が非常に狭いという利点があります。さらに、切開した部分がすぐに凝固・縫合されるので、きわめて出血が少ないという特徴があります。

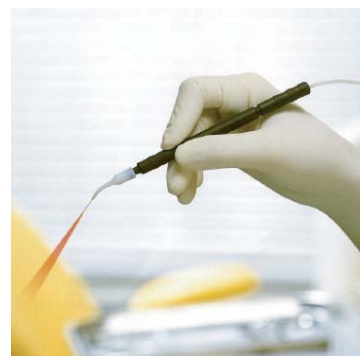


図2 レーザ治療の例³⁾

表1 各種レーザーの波長域¹⁾

材料区分	レーザー媒体	波長域		
気体	混合	分子	CO2 CO	10.6 5.0
		分子(化学結合)	エキシマ KrF XeCl XeF	0.193 0.248 0.308 0.351
	希ガス	イオン	Ar	0.5145
			He-Ne	1.15
		混合	ヨウ素	1.3
			ドープ型誘導体	結晶
固体	非晶質	Nd:ガラス	1.065	
		半導体	可視～近赤外	ZnS,GaN CdS,CdSe
	中間赤外	InAs	3.1	
		IsSo	5.2	

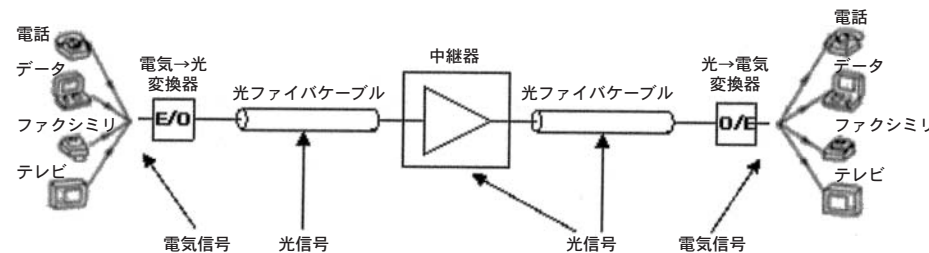


図1 光ファイバー通信システムの基本構成²⁾

● シリーズ ● 材料の素顔に迫る

大阪大学 接合科学研究所 教授
工学博士 小溝 裕一



図6 レーザ加工したナイキ エア・ジョーダン⁶⁾

● レーザ顕微鏡

顕微鏡といえば光学顕微鏡、電子顕微鏡などいろいろありますが、レーザーで物体の表面を直接観察するレーザー顕微鏡というものもあります。レーザー光を可能な限り微小なスポットに集光して試料に当て、二次元的に走査してその反射光を検出するレーザー顕微鏡が広く用いられています。半導体産業や電子産業では非接触で表面形状が高精度、高解像度で測定できることから、品質管理や検査法として広く用いられています。

また、金属材料を高温に加熱すると赤く光って、光学顕微鏡では見えなくなりますが、輝度の高いレーザー顕微鏡では高温でも表面の状態を観察することが出来ます。高温で0.8%炭素鋼の変態過程を観察した例を図3⁴⁾に示します。1400℃ほどの高温でも鮮明に像が得られ、

(a)は加熱途中(1372℃)で、オーステナイトの三重点が見えています。
(b)では粒界が移動の様子が観察できます。
(c)で溶融がはじまり、
続く冷却中に、
(d)に示すように三重点、粒界から第2相であるパーライトが変態生成します(525℃)。さらに温度が下がると、200℃近傍からマルテンサイト変態が生じることが観察できます(図4⁵⁾)。

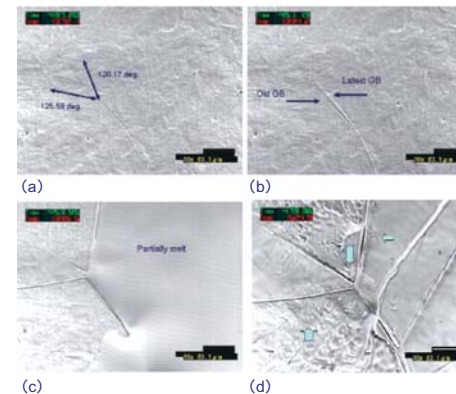


図3 0.8%炭素鋼の加熱・冷却中の組織変化⁴⁾
(a)1372℃、(b)1394℃、(c)1396℃、(d)525℃、

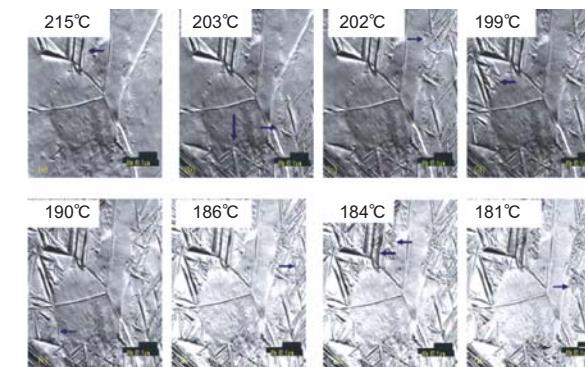


図4 パーライト変態に引き続き200℃近傍で生じたマルテンサイト変態⁵⁾

● レーザ計測

レーザーの特性の中に単色性、可干渉性および直進性があり、従来の自然光やランプ光では測定できなかったことを測定したり、著しく高い精度の測定が出来ます。測定の対象は多様で、時間、距離、方向、寸法、膜厚、変位、形状、などがあります。レーザー加工分野とは異なり、この分野では出力の小さいヘリウム・ネオン・レーザー、ルビー・レーザー、半導体レーザーが主に用いられています。

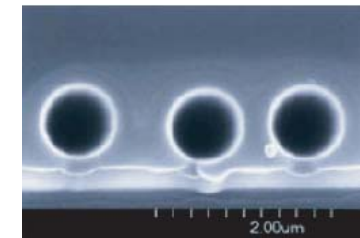


図5 微細穴かけ加工の例



図7 極薄箔(100μm厚)の溶接例



図8 レーザによる補修溶接

● レーザ加工

レーザー光は指向性と集光性が極めて高いという特徴があります。光の収差のない理想的なレンズで集光すると、その波長に応じて数μm程度の直径にまで集束できます。この特徴を活かしてさまざまな微細加工に活用されています。微細な穴あけの例を図5に示します。高エネルギー密度のレーザーが進むところの物質が、溶融あるいは蒸発することにより穴あけが可能となります。このため、金属だけではなく、プラスチック、セラミックス、木材、ガラス、布、紙などにも穴あけが可能です。図6⁶⁾に示すナイキのエア・ジョーダンはレーザーにより模様加工されており、プレミアがつくほどの人気商品だと言えます。薄いモノの溶接も得意で、100μm厚さのステンレス鋼箔を溶接した例を図7に示します。薄い箔であっても熱変形することもなく、直角を保って溶接ができます。このような微細加工が可能であるため、半導体産業などでは不可欠の技術です。このほかネジ部の欠損の補修などにも応用されています(図8)。

● おわりに

20世紀最大の発明と称される半導体とレーザー。そのレーザーの世界を垣間見ました。人工の光であるレーザーが、社会で広く応用されるまでには多くの人々の情熱と努力がありました。まだまだ多くの可能性を秘めています。これからの発展が楽しみです。

参考文献

- 1) 香名宗春;レーザーの科学、(1993年)、NHKブックス
- 2) 西村憲一、白川英俊;やさしい光ファイバ通信、(1993年)、(株)オム社
- 3) www.alice-dental.jp/006
- 4) 小溝裕一;溶接凝固・変態過程のその場観察、溶接学会誌、(2008)、290-295
- 5) 小溝裕一、寺崎秀紀、米村光治、小薄孝裕;溶接学会論文集、24(2006)、57-64
- 6) item.rakuten.co.jp/estpremium/317176-471