

計算機ホログラムのレーザーはんだ付けへの応用

尼子 淳・梅津 一成

計算機ホログラム (CGH: computer generated hologram) を用いると、簡便な光学系で、効率よく任意の光パターンを発生させることが可能である。この光パターンを各種のレーザー加工へ応用することにより、部品製造や実装のプロセスにおいて、生産性ならびに信頼性の向上が期待できる。本稿では、CGH を一括局所加熱のために利用したレーザーはんだ付けについて紹介する。

1. レーザーはんだ付け

近年、電子機器や部品の小型化にともない、それらの接合部も微細になりつつある。この状況に対処するために、絞ったレーザービームを接合部へ照射し、はんだを加熱溶解してはんだ付けを行う技術、すなわち、レーザーはんだ付けが注目されるようになった¹⁾。レーザーはんだ付けには、①エネルギー密度が高いために微細部のはんだ付けを精度よくかつ高速で行うことができる、②局所的に加熱接合できるので近接部品への熱影響が小さい、という特徴がある。

従来のレーザーはんだ付けでは、ビームを集光走査する方式が一般的であった。この方式では、ガルバノスキャナーでビームを走査し、接合部を順次加熱してはんだ付けを行う。しかし、接合部の形状が複雑になるとスキャナーの制御が難しくなりその高速性が犠牲になる。

筆者らは、CGH からレーザー再生された回折光パターンをはんだ付けへ適用することを検討した。部品接合のための光学系の一例を図1に示す。この方式ならば、はんだ付け部を同時に露光加熱して部品の接合ができる。多様な形状のはんだ付け部にも対応できる。回折光パターンを発生させるために光波の位相成分だけに変調を加えるCGHを使えば光利用効率も十分に高い。

2. 露光パターンの発生法

はんだ付け部を照射する光パターンを回折ビームのアレイで与えた。アレイの形状、規模およびビーム配列を工夫

すれば、さまざまな光パターンを簡単に実現できるからである。近似的なフーリエ変換光学系を採用し、CGH でビームを分岐、レンズでビームを集光するようにした。こうすると、CGH の位置がずれた場合でも回折光パターンの再生位置は変わらず、当該パターンと接合部の位置合わせが容易になる。

はんだ付けに要する光パターンが光軸の回りに対称である事情を考慮し、CGH を2値の位相で構成した(非対称ならば、位相を多値とすればよい)。ビーム分岐数を偶数にして、不要な0次光の強度が設計上はゼロとなるように位相分布を構成した。CGH の設計には反復法²⁾を用いた。位相分布に相当する凹凸をフォトリソグラフィとイオンエッチングにより合成石英基板上に形成した。CGH の凹凸形状のSEM像を図2(a)に示す。CGH は400×400個のピクセルから成る。このCGH から再生された棒状の回

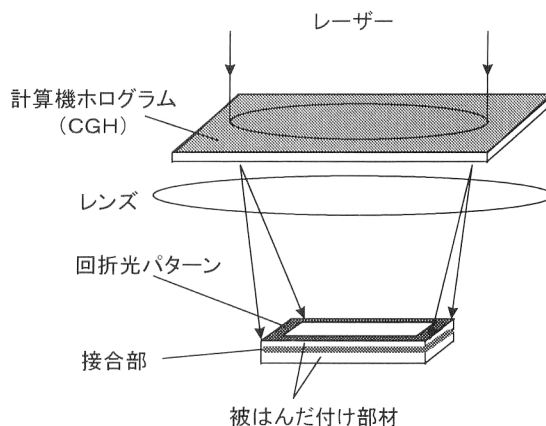


図1 CGH を用いたレーザーはんだ付けの光学系。

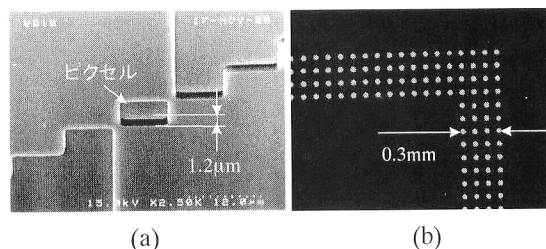


図2 (a) CGH の凹凸構造, (b) 回折光パターン。

セイコーエプソン(株)生産技術開発部 (〒399-0295 長野県諏訪郡富士見町富士見 1010)
E-mail: amako.jun@exc.epson.co.jp

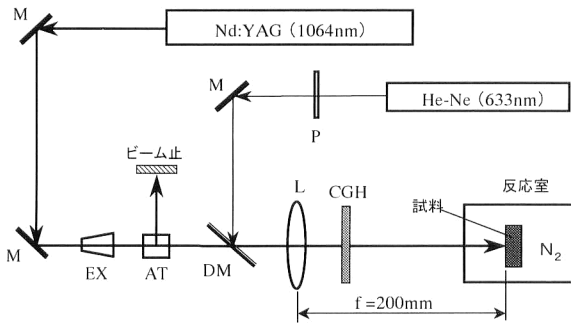


図3 水晶振動子収納容器封止のための実験配置。M：ミラー，DM：ダイクロイックミラー，P：偏光子，EX：エキスパンダー，AT：光減衰器，L：レンズ。

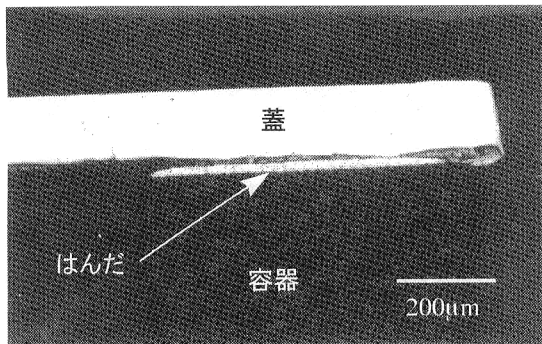


図4 はんだ接合部断面の顕微鏡像。

折光パターンの一部を図2(b)に示す。同パターンは960本の回折ビームから成る。CGHの光利用効率率は73%，アレイの光強度均一性は0.91である。

CGHの形状誤差のために0次光にはわずかにエネルギーが残る³⁾。条件を変えて作製した複数のCGHの中から選別したものを用いることにより，0次光の強度は対入射光強度比で0.005以下まで低減した。幸いに，0次光は絶対強度が小さく被はんだ付け部材上の孤立点を照射するにすぎないため実用上の障害にはならない。

アレイ規模が大きくなるほど，回折ビーム1本あたりの強度が低くなり，はんだ付けに要する時間が延びる。必要十分なビーム分岐数を把握するためにビーム照射部の温度分布とその経時変化を非定常熱解析し，その結果をCGH設計のための資料として用いた。

3. 実験事例

水晶振動子収納容器の封止について述べる。現在普及しつつある薄型のセラミック容器を選んで実験に用いた。

容器の外形寸法は7.5×3.5×1.0 mm，蓋の厚みは0.2 mmである。蓋(Fe-Ni-Co)と容器(Al₂O₃)をはんだ接合する。接合部の幅は0.5 mmである。はんだは蓋の内面に付いている。実験配置を図3に示す。はんだの加熱にはCWのNd:YAGレーザー(1064 nm, 100 W)を使った。同レーザーは金属に吸収されやすく，はんだ付けには有利である。拡大したビーム(10 mm径)でCGHを照明した。CGHは集光レンズ(焦点距離 $f=200$ mm)と試料の間に置いた。ビーム波面の曲率とCGHの光軸上の位置を調節して，回折光パターンと接合部を正確に重ねる。この作業はIRモニターを用いて行った。はんだの酸化防止のために蓋と容器をN₂雰囲気中の反応室内に置き，石英窓を通して蓋をレーザー照射した。照射時間が～3秒以上の条件で蓋と容器をはんだ接合できた。接合部の断面を図4に示す。回折光パターンの位置を目視するために，He-Neレーザー(633 nm)を併用した。

はんだ付けの良否は温度と時間に依存する。アレイのエネルギー密度を高めて，封止に要する時間を短縮することが可能である。はんだ付け速度を決める因子はエネルギーの変換・伝達効率である。とくに，蓋部材の光吸収特性が重要であり，その特性は部材の表面状態に影響される。蓋部材と容器部材の熱的特性の差は小さいことが望ましい。はんだの組成によってもレーザーの条件が左右される。

レーザーはんだ付けへCGHを応用し，一括局所加熱により部品接合できることを確認した。本技術によれば，所要の露光パターンが所望の場所に精度よく得られるため，接合部周辺の部材を熱的に損傷する不安がない。はんだ層が均一な接合が可能なので，品質，信頼性の面でも期待がもてる。光学系の調整や取り扱いが容易であり，量産現場への導入の観点からも有利であろう。

文 献

- 1) レーザー学会編：レーザープロセッシング，初版(日経技術図書，東京，1990) pp. 318-322.
- 2) M. A. Seldwitz, J. P. Allebach and D. W. Sweeney: "Synthesis of digital holograms by direct binary search," *Appl. Opt.*, **26** (1987) 2788-2798.
- 3) 尼子 淳："回折ビームアレイの0次光制御"，*O plus E*, **21** (1999) 551-559.

(2000年10月10日受理)