

# 非破壊検査への応用例

## IC チップ内部の測定

光超音波顕微鏡 Hadatomo™ Z による非破壊検査への応用を試みた。Hadatomo™ Z は光超音波イメージングと超音波イメージングを同時測定できることが特徴である。中心周波数 60 MHz の超音波センサを使用することで、高分解能のイメージングが可能である。光超音波イメージングは特定波長のレーザー光のエネルギーを吸収した物質から発生する熱弾性波（超音波）を受信して画像化する手法であり、生体イメージングでは生体内部の情報を得ることができる。非破壊検査ではレーザー光は測定対象内部に到達しないため、物質表面で発生した超音波を利用して画像化する手法が使用されている。レーザー光によって発生する熱弾性波は、超音波センサの圧電素子から発生する超音波と周波数特性、波長が異なるため、従来の超音波イメージングで得られない画像が得られる可能性がある。

Hadatomo™ Z を用いて、IC 内部のイメージングを行った。IC は DRAM チップ (K4B1G1646G-BCH9, SAMSUNG) を使用した。測定の原理図及びセットアップを図 1 に示す。図 1(a) に示すように Hadatomo™ Z のスペーサー内部に IC を固定した。超音波センサから照射されたレーザー光は、IC チップのモールドで吸収され超音波を発生する。その超音波が IC チップ内を伝搬し、反射波を Hadatomo™ Z で計測し画像化した。測定範囲は 9 mm 角、スキャンステップは 15 μm である。

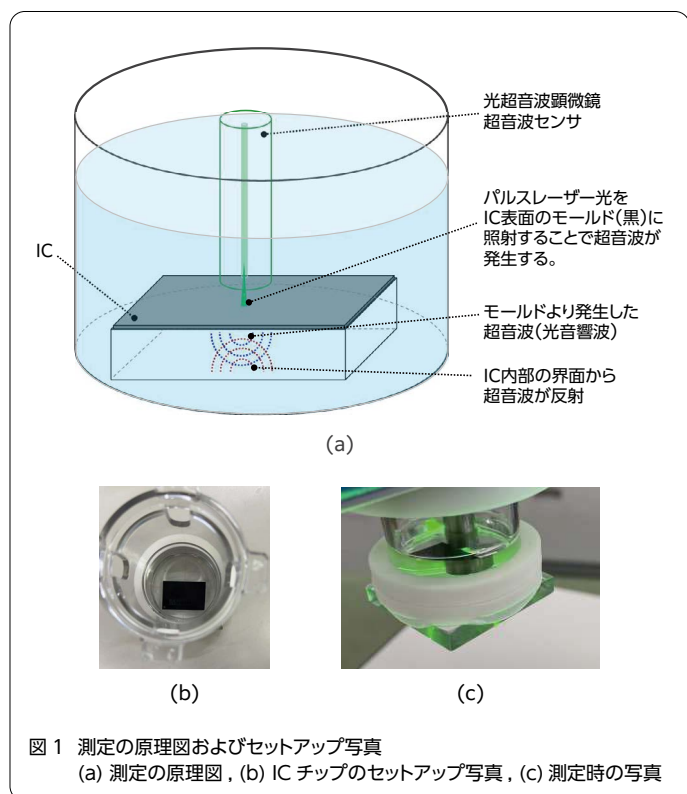
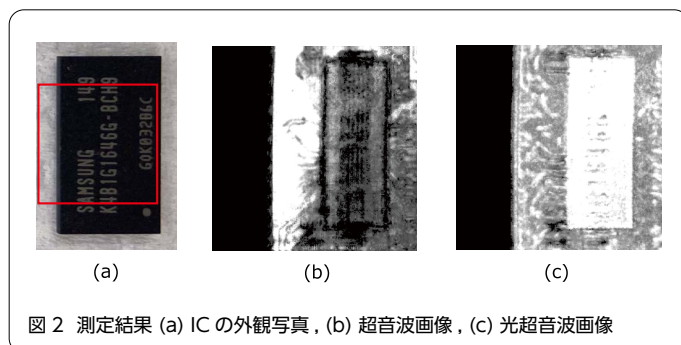
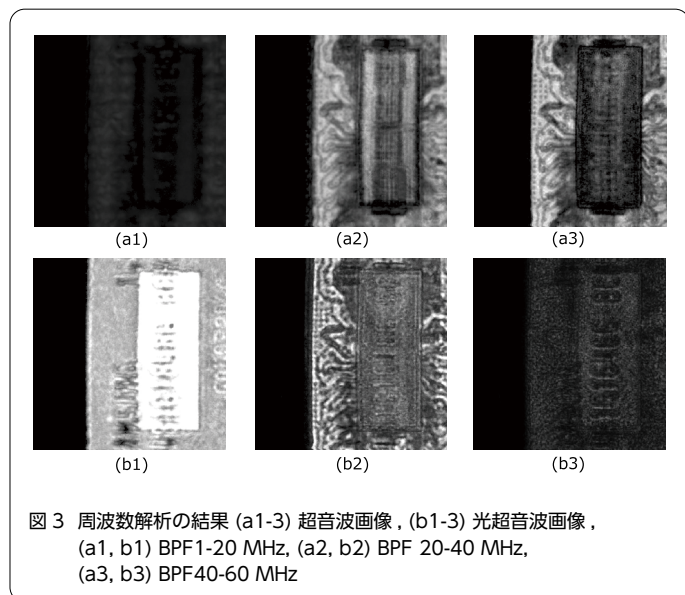


図 2 に IC の外観図と、測定した超音波画像、光超音波画像をそれぞれ示す。超音波画像、光超音波画像それぞれにおいて IC チップ内部の配線が画像として確認できる。



続いて得られた画像に対して周波数解析を行った。結果を図 3 に示す。超音波画像において、バンドパスフィルタ (BPF) 1-20 MHz ではほとんど画像が得られていないが、BPF 20-40 MHz (a2), BPF 40-60 MHz (a3) では配線パターンが明瞭に画像化できている。特に BPF 40-60 MHz では最も高コントラストな画像が得られている。それに対して光超音波画像では BPF 1-20 MHz では画像の輝度は高いものの配線は見えていない。(b1) これは低い周波数の超音波で分解能が十分でないためと思われる。BPF 20-40 MHz では配線が明瞭に画像化できている。(b2) 一方、BPF 40-60 MHz では内部のチップ形状は分かるものの、配線などはほとんど見えない。(b3) この結果から光超音波イメージングでは、IC 内部から高周波の反射波がほとんど発生していないことが分かる。前述の通り、最も明瞭な画像は、超音波画像では BPF 40-60 MHz (a3)、光超音波画像では BPF 20-40 MHz (b2) であった。それぞれの画像を

比較しても、配線の輝度、コントラストなどは若干異なっており、受信した超音波信号の特性が異なることが推測される。このように超音波と光超音波では周波数に対する変化が大きく異なる結果となった。



ており、超音波画像と異なる結果となった。断層画像においても同様の結果が見えており、超音波画像ではチップと周辺部での周波数の違いが明確であるのに対し、光超音波画像では配線部分で周波数の違いが見えている。なお断層画像で超音波画像と光超音波画像では深さ方向の表示解像度が異なる。光超音波画像では、システムで超音波の受信時間のみで検出しているため、超音波画像に比べて深さ方向に倍の深さ表示となっている。

本測定結果から光超音波顕微鏡 Hadatomo™ Z により非破壊検査への応用の可能性が確認された。IC 内部の欠陥部（ボイド）から超音波イメージングと違う周波数特性の信号が得られれば、従来と違った解析ができる可能性がある。Hadatomo™ Z は生体への応用のため、2 波長レーザーを実装しているが、非破壊検査への応用の場合はレーザー光を吸収する物質への照射が目的のため、単波長のレーザーで十分である。また発生する光超音波の強度は、光のエネルギーに比例する。Hadatomo™ Z の光出力エネルギーは皮膚への MPE(Maximum Permissible Exposure) によって上限値を決定しているが、非破壊検査において光出力エネルギーを上げることが可能となるため、より強い光超音波を発生させることも可能である。このように超音波イメージングと特性の異なる光超音波イメージングを非破壊検査に応用することで、新たな非破壊検査の実現に期待したい。

図 4 に超音波画像、光超音波画像を周波数でカラー表示した結果を示す。図3の結果の通り、超音波画像が光超音波画像よりも高い周波数成分の画像であることが分かる。図 4(a2) の超音波画像では中央のチップ本体とそれ以外の部分で周波数特性の違いが得られている。一方、図 4(b2) の光超音波画像では、配線の部分で周波数の違いが見え

