【ポスター発表】
〔P－1〕

SAGA Light Source BL での LIGA 露光実験

羽賀　剛
住友電気工業株式会社

小型ＳＲ装置に比べより短波長で高輝度のＳＲを供給可能な SAGA Light Source での LIGA（Ｘ線）露光を試み、感度とパターンニングの比較を行った。

同ドーズ量（蓄積電流×露光時間）で比較した場合、SAGA Light Source（BL9）では NIJI-III 等の小型ＳＲ装置での露光に比べ 10 倍近い深さまでレジストをパターニングできた。これは、LIGA 露光に適した 4Å付近の波長の輝度が SAGA Light Source の方が小型ＳＲ装置に比べ２桁以上高いためで、ビームライン長は SAGA Light Source の方が３倍以上長いが、それを補って余りあるほど輝度が高い。一方、SAGA Light Source 以上の大型ＳＲ装置になると、ＳＲの短波長成分が増え、吸収体でＸ線を止めることが難しくなる。その結果、パターニングに必要なコントラストを得るためにはより厚い吸収体をＸ線マスクに形成ることが必要となり、マスクのパターン寸法精度の低下やコストアップを生じる。

また、SAGA Light Source での露光のパターニング精度は小型ＳＲ装置で露光した場合と遜色なく、十分 LIGA 部品製作に使えるレベルであった。SAGA Light Source でパターニングしたレジスト例を写真１に示す。

本結果より、SAGA Light Source は LIGA 露光を行うのに適した光源と言える。

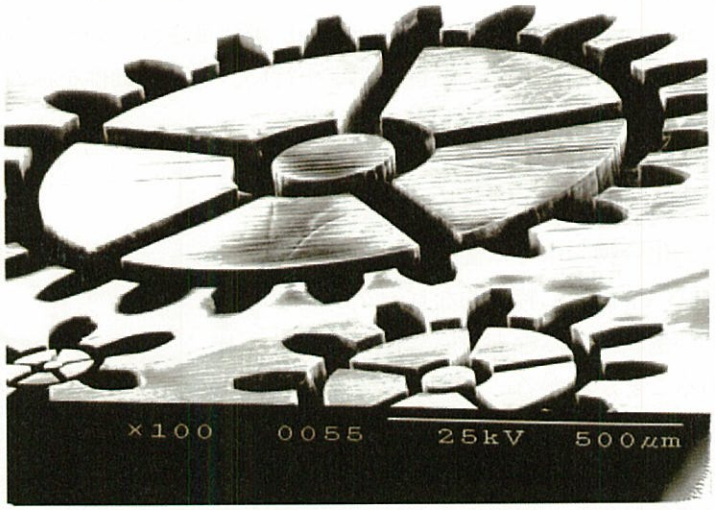


写真１　SAGA Light Source でパターニングした微細歯車形状

SAGA Light Source BLでのLIGA露光実験

住友電気工業㈱
大阪エレクトロニクス営業部
羽賀　剛

SUMITOMO ELECTRIC

＜概要＞

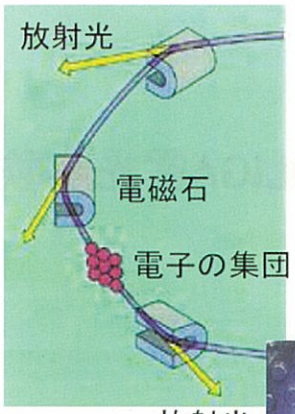
小型SR装置に比べより短波長で高輝度のSRを供給可能なSAGA Light SourceでのLIGA（X線）露光を試み、感度とパターンニングの比較を行った。

同ドーズ量（蓄積電流×露光時間）で比較した場合、SAGA Light Source（BL9）ではNIJI-III等の小型SR装置での露光に比べ10倍近い深さまでレジストをパターニングできた。これは、LIGA露光に適した4Å付近の波長の輝度がSAGA Light Sourceの方が小型SR装置に比べ2桁近く高いためで、ビームライン長はSAGA Light Sourceの方が約3倍長いが、それを補って余りあるほど輝度が高いためと考えられる。

また、SAGA Light Sourceでの露光のパターニング精度は小型SR装置で露光した場合と遜色なく、十分LIGA部品製作に使えるレベルであった。

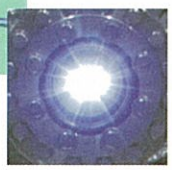
SUMITOMO ELECTRIC

SR(Synchrotron Radiation)とは？



真空パイプの中で、高エネルギーの電子(集団)を光速で回らせる。

電子が磁石によって曲げられるとき、その接線方向に出る光

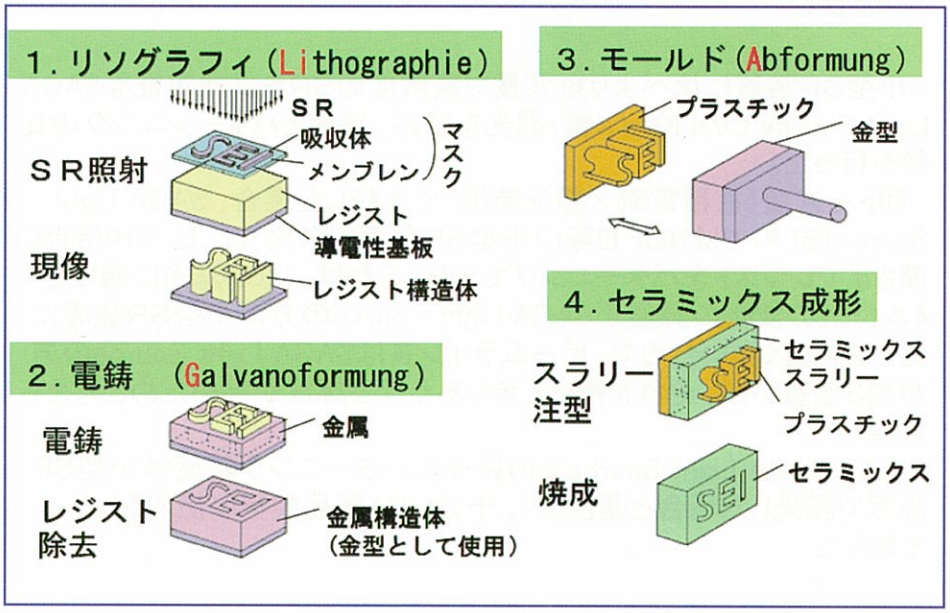


特徴

1. 高輝度
2. 波長の連続性
   (X線～赤外)
3. 高指向性
   (シャープな光、微細加工)

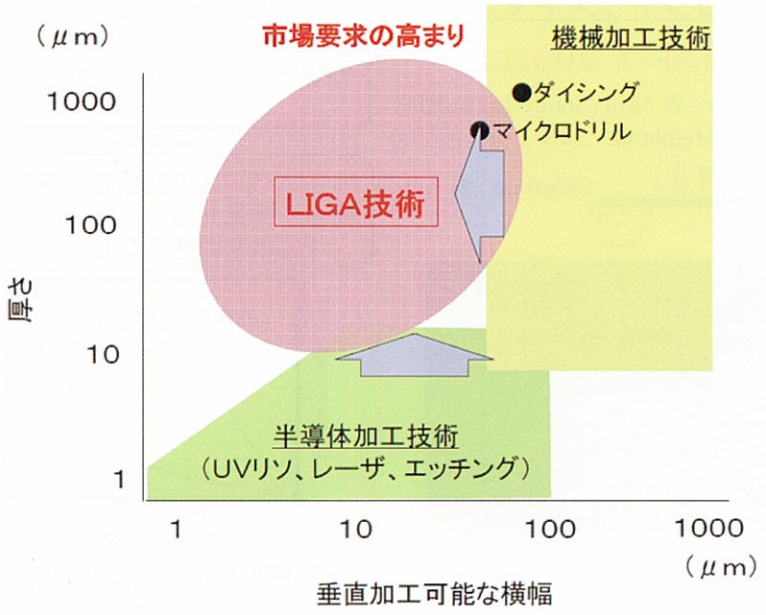
SUMITOMO ELECTRIC

SR光を用いた微細加工(LIGAプロセス)とは



SUMITOMO ELECTRIC

LIGAプロセスの加工領域



大型、中型、小型SR装置の比較

大型放射光設備
Spring－8

蓄積電子エネルギー：8GeV
（8GeV＝8，000，000，000eV）
偏向電磁石：常伝導磁石

10～20分の1

直径30m程度

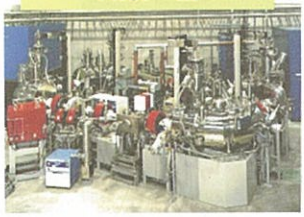
100分の1

直径5m程度

産業用中型SR装置
SAGA－LS

蓄積電子エネルギー：1．5GeV
（1．5GeV＝1，500，000，000eV）
偏向電磁石：常伝導磁石

産業用小型SR装置
NIJI－III



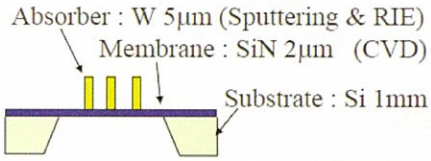
蓄積電子エネルギー：600MeV
（600MeV＝600，000，000eV）
偏向電磁石：超伝導磁石
（常伝導タイプもある）

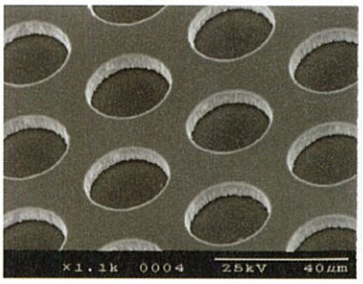
SUMITOMO ELECTRIC

量産LIGA用X線マスク及びレジスト（小型SR用）

1）高コントラストマスク

コントラスト：1：200以上



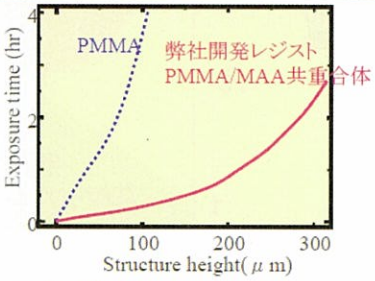


X-ray mask pattern
(ϕ 20 μ m hole)

2）高感度レジスト

PMMA ・low sensitivity 4 kJ/cm^3
・high resolution

PMMAベースの高感度レジストを独自に開発 high sensitivity 0.4kJ/cm^3
（寸法精度の低下なし）



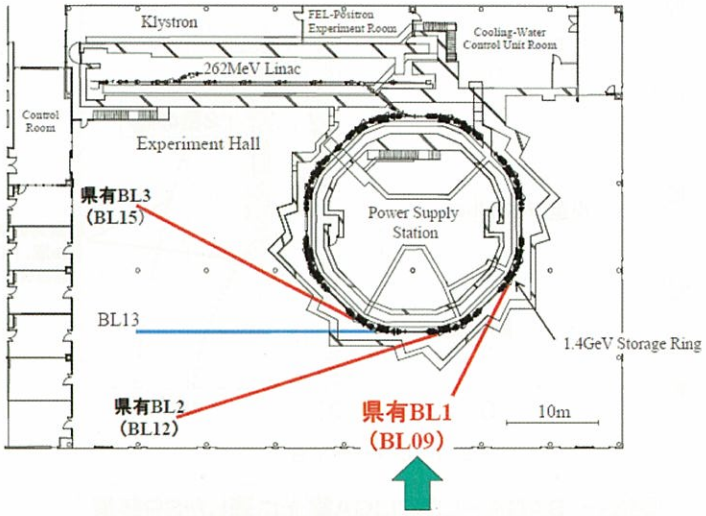
垂直性：0.1 μ m/100 μ m

SUMITOMO ELECTRIC

量産LIGA用X線マスク及びレジストを用いた SAGA－LSでの露光

SUMITOMO ELECTRIC

県有ビームラインの配置



白色光ビームライン（LIGAビームライン）

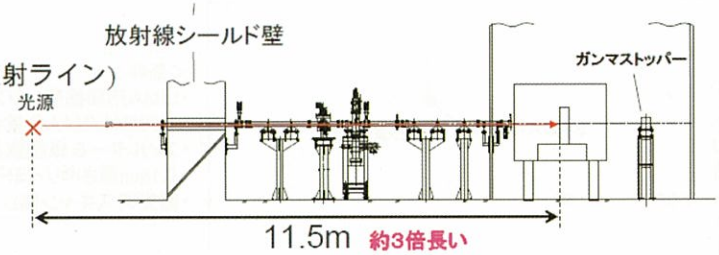
SUMITOMO ELECTRIC

SAGA－LSのLIGAビームラインと量産用LIGAビームライン（小型SRビームライン）の比較

＜SAGA－LS　LIGAビームライン＞

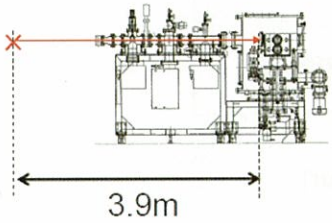
BL09A

(白色光照射ライン)



約3倍長い

＜量産LIGAビームライン＞

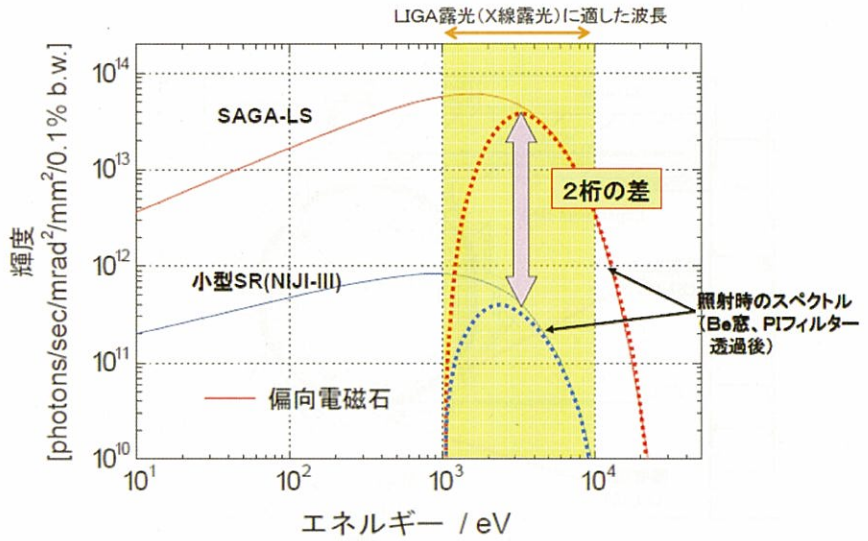


量産LIGA照射チャンバー

4インチ基板16枚セット可能

SUMITOMO ELECTRIC

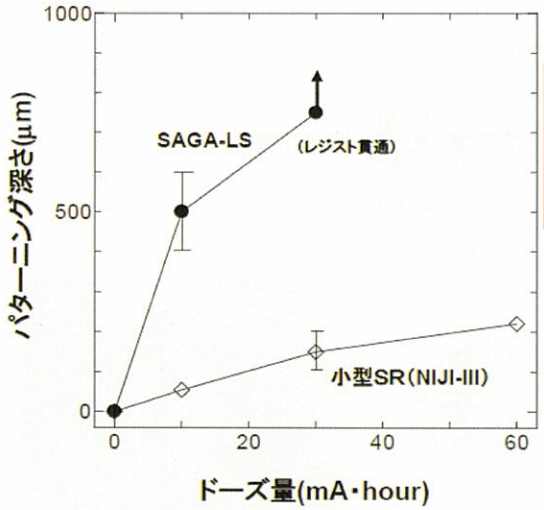
SAGA－LSと小型SRのスペクトルの比較



SAGA－LSはLIGA露光に適したSR装置

SUMITOMO ELECTRIC

LIGA用X線マスクを用いたLIGA露光
小型SRとSAGA-LS（中型SR）でのパターニング深さ比較

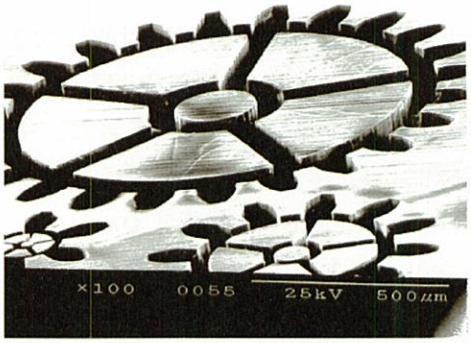


＜条件＞
・LIGA用高感度レジスト使用
（PMMA/MAA共重合体）
・フィルター＆保護膜として
0.1mm厚さポリイミドフィルム使用
・露光時スキャン無し

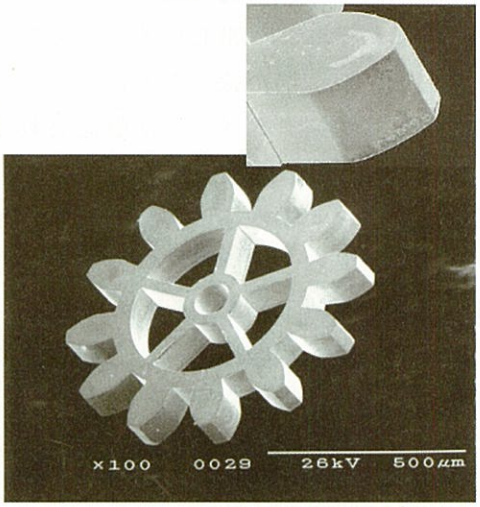
SUMITOMO ELECTRIC

SAGA-LSで露光したマイクロ歯車のレジストパターン及び電鋳（めっき）マイクロ歯車例

レジストパターン（樹脂型）



電鋳歯車（材質 Ni）



SUMITOMO ELECTRIC

まとめ

・小型SRでの量産LIGAプロセスで使用した、X線マスクと高感度レジストを用い、SAGA－LSのBL9白色光ラインにて露光実験を行った。

その結果、

①SAGA－LSの高いシンクロトロン光の輝度のため、小型SR装置に比べ約10倍の露光スループットが得られることが分った。

②小型SRで使用しているX線マスク（タングステン吸収体厚さ5μm、メンブレン厚さ2μm）を用いても、SAGA－LSで500μmを超える厚さのレジストをパターニングできた。

③SAGA－LSでパターニングしたレジスト構造体は極めて良好な形状が得られていることを電子顕微鏡にて確認した。

以上の結果から、
SAGA－LSはLIGAプロセスのX線露光に適したシンクロトロン光施設と考える。