

レーザーダイレクトイメージングレジストの新バージョン

New Version of Laser Direct Imaging Resist



新事業本部
技術部
竹添浩司
Kouji
Takezoe



新事業本部
技術部
市川昭人
Akito
Ichikawa



新事業本部
技術部
山中一男
Kazuo
Yamanaka

1. はじめに

近年レーザーダイレクトイメージング (LDI) 法が脚光を浴びている。

その背景には、プリント基板やパッケージ基板の高精細化と、量産品の東南アジア、中国への海外流出に伴う国内生産の多品種少量化があるものと考えられる。

LDI法とは、**図1**に示す通り、フォトマスクを必要としない省工程プロセスであり、多品種少量生産を、全自動且つ短納期で、しかも、低コストで実現できる有効なプロセスである。

また、基板1枚毎にアライメントがとれるため、ビルドアップ基板など位置精度が要求されるパターニングに対しても適したプロセスであると言える。

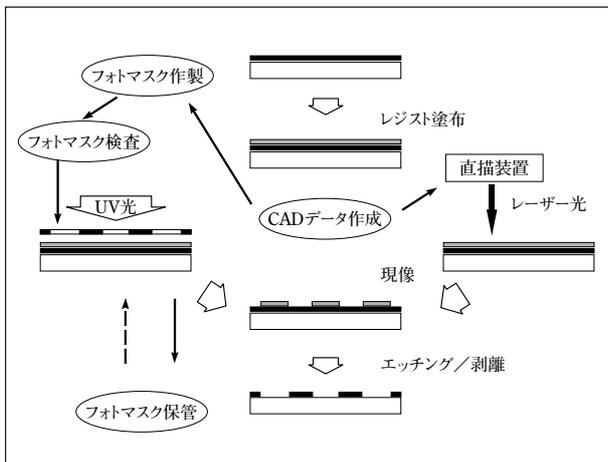


図1 レーザーダイレクトイメージング (LDI) 法と従来 (マスク露光) 法の比較

上記の特長を活かして、1995年、世界で初めてプリント基板の量産工場に、LDI法が本格導入され、当社の「ゾネLDI」が採用された。続いて、製作期間が長く、高価な大型マスクが不要、大型ガラス基板の変形にも対応可能という理由から、プラズマディスプレイの量産工場にも「ゾネLDI」が採用され、現在も順調に稼働している。

前述の「ゾネLDI」シリーズは、波長488nmのアルゴンイオンレーザーによって感光、硬化するネガ型のエッチングレジストである。

しかし、最近になって、405nmの固体レーザーが汎用化し、レーザー露光光源として利用され始めてきた。405nm固体レーザーは、アルゴンイオンレーザーのようなガスレーザーに比べて、レーザーが小さく省スペース化が可能で、冷却装置も不要であるといったメリットがある。また、可視光である488nmで感光するレジストは、赤色光下で取り扱う必要があるが、感光波長が405nmのレジストは、イエロー光下で取り扱うことができ、作業環境が改善される。

以上の利点から、今後のLDI法の拡大のためには、405nm対応レジストの開発が必須と考え、その開発に着手し、完成に至ったので報告する。

一方、マスク露光法に用いるマスクには、大きく分けて、エマルジョン (銀塩) マスクとクロムマスクの2種類がある。パターンの高精細化の流れに伴い、パターン幅 $20\mu\text{m}$ 以下の微細パターンの露光に使用されるクロムマスクの数が年々増加している。

このクロムマスクは、高価なヘリウム-カドミウムやクリプトンレーザーを用いて、低感度の紫外線感光レジストを長時間露光することによってパターンニングした後、クロムをエッチングすることによって製造されている。そのため、レーザーのランニングコストが高く、クロムマスク製作 (描画) 時間も長い。

このことが、クロムマスクを安価に製造できない一要因となっている。

そこで、ランニングコストの安いYAG-SHG (532nm) 固体レーザーを搭載したエマルジョンマスク (銀塩) 用描画機と、描画速度の高速化を可能とする高感度可視光 (532nm) 対応レジストを組み合わせることで、クロムマスクの低コスト化を図るべく、大日本スクリーン製造 (株) がレーザー描画装置を、当社がレジスト「ゾネLDY」¹⁾を開発した。

このレジストについても、合わせて報告する。

2. 機能とコンセプト

2.1 405nmレーザー対応レジスト

現在上市されている波長405nmのレーザー装置は、30mW程度と出力が小さく、又、高速で描画するため、レーザー照射時間が短い、つまり、レーザー照射光量が小さいという特性を持っている。従って、従来の紫外線硬化型レジストでは、405nmレーザー装置で、十分に感光することができないため、405nmの波長における

感光性を飛躍的に向上させたレジストを開発することが必須である。さらに、レジストの機能としては、後工程のエッチングや銅メッキに対する高い耐性も必要である。

レジストの硬化機構を図2に示す。

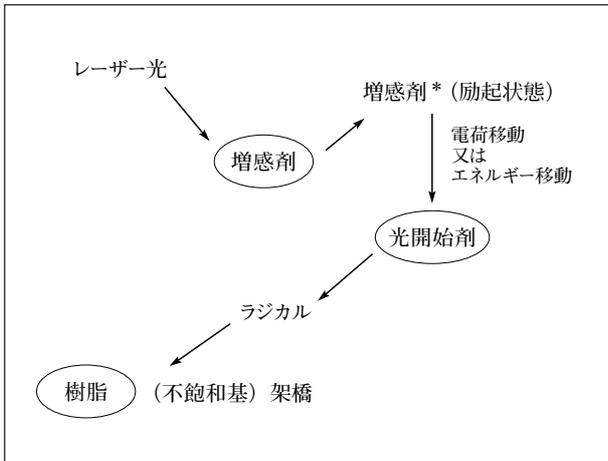


図2 レーザーダイレクトイメージング(LDI)法における硬化機構

まず、光増感剤が405nmのレーザー光を吸収し、吸収したエネルギーをエネルギー移動または電荷移動によって光開始剤に与える。このエネルギーで光開始剤が分解し、生成したラジカルによって、不飽和基が重合し硬化する。レーザー光の照射されていない未露光部は、現像液によって洗い流され、パターニングが完了する。

ここで用いられる樹脂は、高反応性と高い耐薬品性を有するよう設計した。

また、ポイントとなる増感剤は、405nmのレーザー光の吸収と光開始剤へのエネルギーまたは電荷移動を効率よく行えるものを選定した。

このレジストの分光感度曲線を図3に示す。405nm付近に、高い感光性を有することがわかる。

また、レジストパターニングの標準プロセスを図4に示す。

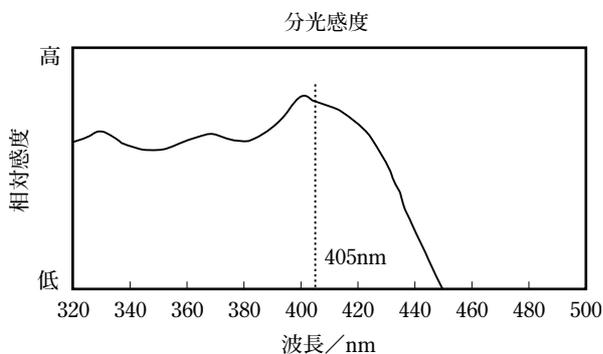


図3 405nm対応レジストの分光感度曲線

2.2 532nmレーザー対応レジスト「ゾネLDY」

前章でも述べた通り、このレジストは、クロムマスク製造用に使用する。

クロムマスクは、ブランクスメーカーが、ガラスにクロムをスパッタリングし、その上にスピナーなどを用いて、レジストを塗布



図4 405nm対応レジストの標準プロセス

する。次に、レジストの塗布されたブランクスをマスクメーカーが購入、ストックし、順次オーダーに応じて、パターニング、エッチングすることによってマスクを製造、販売する。

そのため、「ゾネLDY」は、405nmレーザー対応レジストと同様に、高い感光性と後工程のエッチングに対する耐性が必要であり、更に、クロム上のレジスト膜が、パターニングされるまでの間（1ヶ月以上）、性能を維持しなければならないという機能が付加される。

レジストの硬化機構としては、405nmレーザー対応レジストと同様(図2)であるが、波長532nmのレーザー光を効率よく吸収し、且つ、感光性と安定性の両立可能なものを選定した。

図5の紫外-可視吸収曲線から、532nmに強い吸収ピークを持ったレジストであることがわかる。

また、樹脂については、ブランクス酸化クロム層との相互作用や密着性のコントロールについて検討、選定し、図6に示す通り、1ヶ月以上のレジスト膜性能の維持を達成することができた。

532nmレーザー対応レジストの標準プロセスは、図7の通りである。

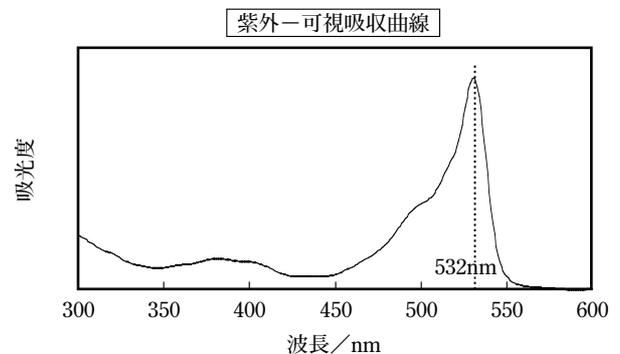


図5 「ゾネLDY」の紫外-可視吸収曲線

3. 性能

3.1 405nmレーザー対応レジスト

まず、感光性について述べる。

評価は、ペンタックス社製Data Direct Imager DI-2080²⁾を用い

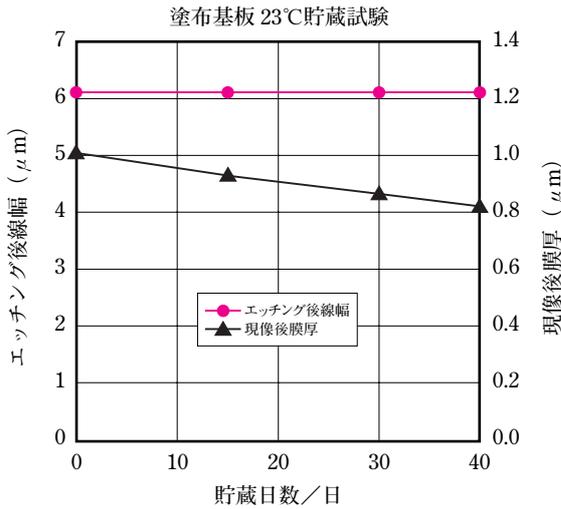


図6 「ゾネLDY」のレジスト膜貯蔵性評価

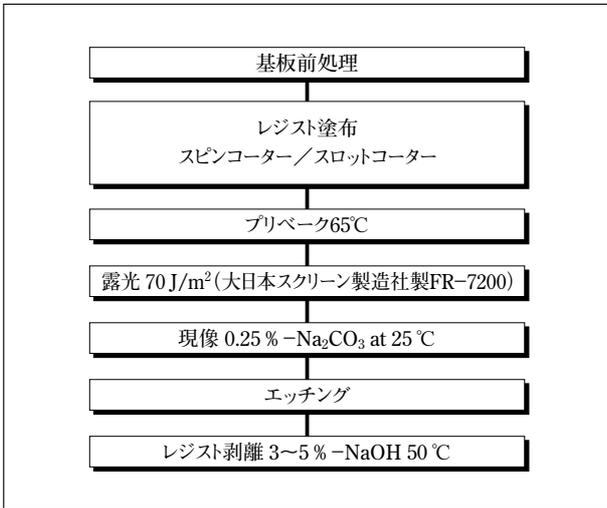


図7 「ゾネLDY」の標準プロセス

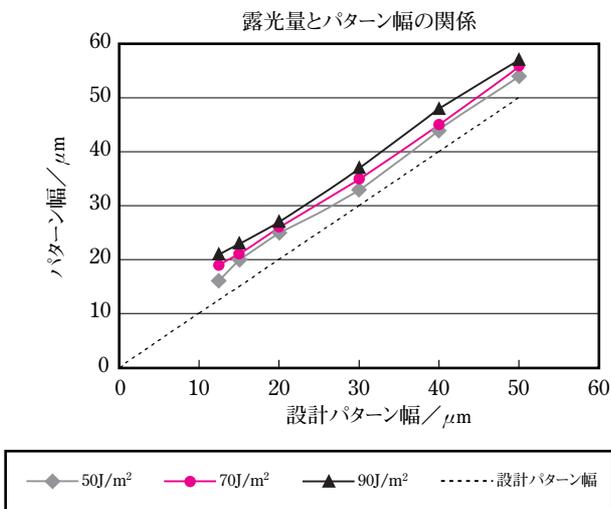


図8 405nm対応レジストの感光性評価
描画機:ペンタックス社製DI-2080

を行った。

DI-2080は、軸方向最小線幅は15μmである。描画時間は、35秒(340mm×510mmの場合)、最大描画面積は、510mm×610mmである。

評価結果を図8に示す。露光量50J/m²では、設計パターン幅と実測パターン幅の直線関係が悪く、15μmパターンが細くなっている。最適露光量は70J/m²で、Line/Space=15/15μmの良好なパターンが形成できた。(写真1)

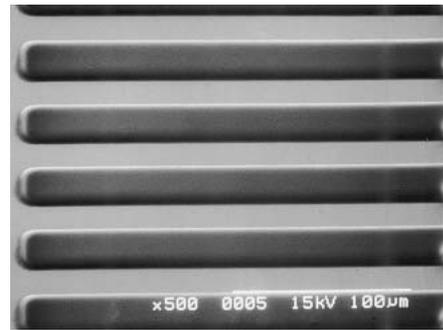


写真1 405nm対応レジスト Line/Space=15/15μm
描画機:ペンタックス社製DI-2080

耐現像液性については、図9に示す。30秒~120秒まで、パターン幅に変化がなく、良好な耐現像液性を有することがわかる。

耐エッチング性については、ITOエッチング液(FeCl₃/HCl)に対する耐性を評価することによって行った。レジスト膜厚5μmで、エッチングを10分間行っても、レジスト膜は剥離することなく、良好なエッチング耐性が確認できた。(写真2)

図10に、レジスト剥離性を評価した結果を示す。

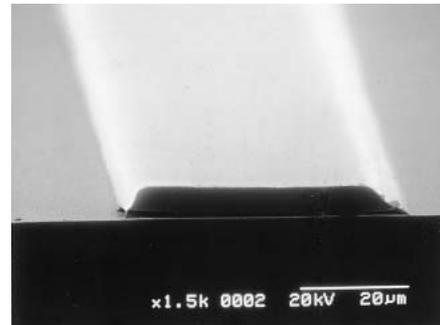


写真2 405nm対応レジストのエッチングパターン
基材:ITO Line=40μm

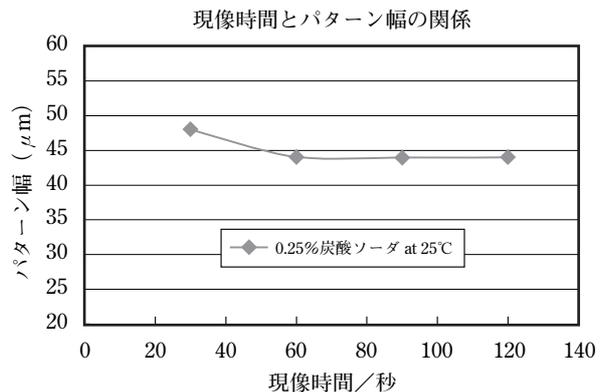


図9 405nm対応レジストの耐現像液性評価

剥離液温度、濃度と剥離時間の関係



濃度	10%	10%	10%	8%	5%
温度	60℃	55℃	50℃	60℃	60℃

図10 405nm対応レジストのレジスト剥離性評価

濃度と温度による影響を受けるが、十分に許容時間 (5min) 内の剥離が可能であることがわかった。

以上より、本レジストは、各工程における管理幅の広いレジストである。

3.2 532nmレーザー対応レジスト「ゾネLDY」

レジスト性能評価は、大日本スクリーン製造社製平面型レーザープロッタFR-7200³⁾を用いて行った。FR-7200は、最小描画ピッチ0.125 μm であり、描画時間は、約150分(600mm \times 500mmの場合)である。最大描画面積は、800mm \times 700mmである。

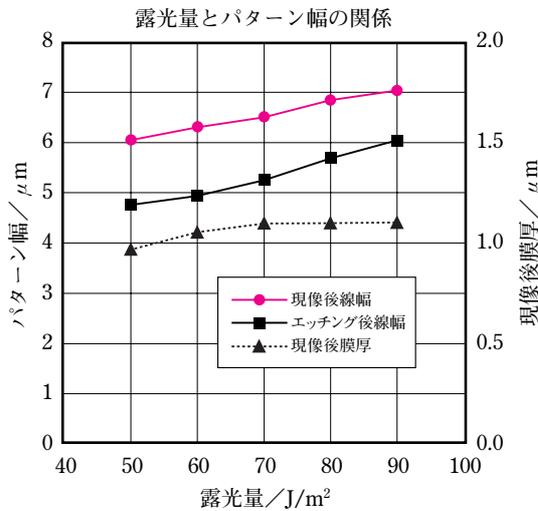


図11 「ゾネLDY」のレジスト感光性評価
描画機:大日本スクリーン製造社製FR-7200

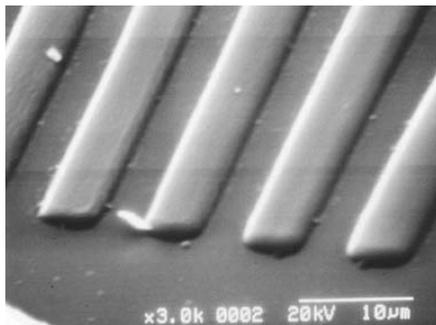


写真3 「ゾネLDY」Line/Space=5/5 μm
描画機:大日本スクリーン製造社製FR-7200

感光性評価結果を図11に示す。50~70J/m²でレジスト膜の硬化が十分となり、現像後膜厚が飽和値となった。このことより、50~70J/m²という低光量で安定にLine/Space=5/5 μm パターンを形成できることがわかった。(写真3)

405nmレーザー対応レジストと同様、耐現像液性を図12に、耐エッチング液(硝酸セリウムアンモニウム系)性を図13に、レジスト剥離性を図14に示す。

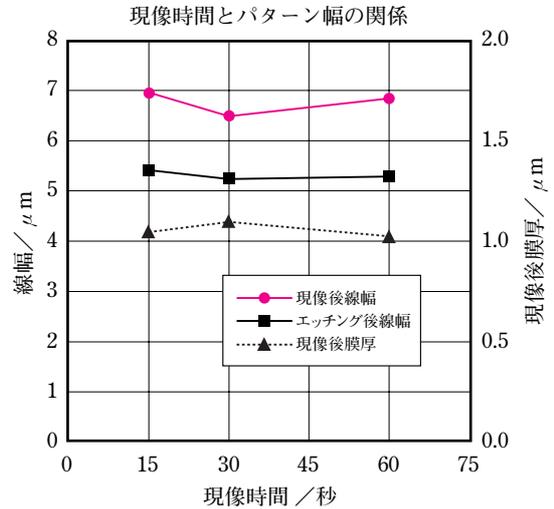


図12 「ゾネLDY」の耐現像液性評価
描画機:大日本スクリーン製造社製FR-7200

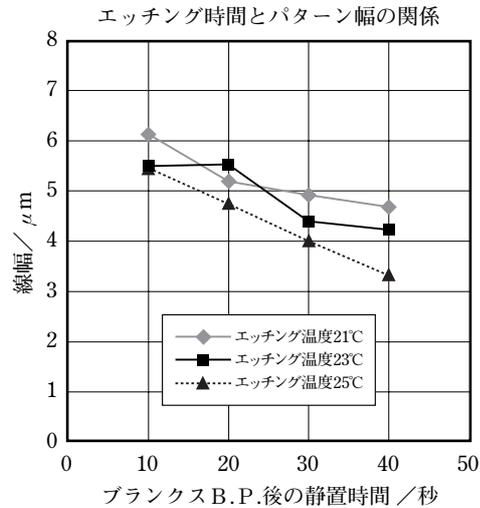


図13 「ゾネLDY」の耐エッチング液性評価
描画機:大日本スクリーン製造社製FR-7200

エッチング時間を延ばすと、クロムがエッチングされクロムパターンは細くなるが、レジスト膜が剥離することはなかった。

以上より、「ゾネLDY」は、各工程における管理幅の広いレジストである。

4. 特長・機能

4.1 405nmレーザー対応レジスト

405nmレーザー対応レジストは、低エネルギーのレーザー描画装置に対応可能な、高感度且つ高性能エッチングレジストである。

本レジストとペンタックス社製レーザー描画装置を組み合わせる

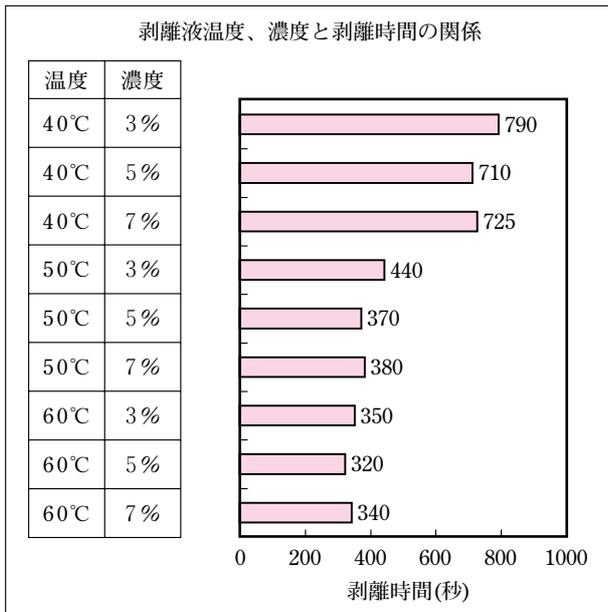


図14 「ゾネLDY」のレジスト剥離性評価
描画機:大日本スクリーン製造社製FR-7200

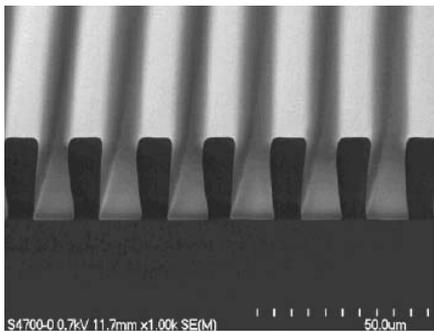


写真4 405nm対応レジスト(膜厚25μm)
Line/Space=8/12μm

ことにより、赤色光下ではなく、イエロールームで、高精度LDIプロセスを実現することが可能である。

また、解像度の面では、露光(描画)方法によって、さらなる高性能化が可能であり、写真4に示す通り、レジスト膜厚25μmで、8μmのパターンを形成することも可能である。

4.2 532nmレーザー対応レジスト「ゾネLDY」

「ゾネLDY」は、ランニングコストが安価な、YAG-SHG(532nm)レーザーを搭載したマスク描画装置で、5μmという微小パターンを形成することが可能である。

「ゾネLDY」と大日本スクリーン社製マスク描画装置を組み合わせることにより、クロムマスクの短時間かつ安価な製造が可能である。

5. まとめ

レーザー描画装置は、レーザー光源が、ガスから固体へと移り、低ランニングコストとメンテナンスの簡素化を実現してきている。それに合わせ、当社では、図15に示す通り、レーザー波長別に対応するレジストを開発してきた⁴⁾。

今後も、レーザー描画装置のさらなる高精細化、高速化によっ

て、LDI法は、益々普及、拡大していくものと考えられる。

これからも、レーザー装置メーカーと協力し合いながら、LDI用レジストのさらなる高性能化を図っていきたい。

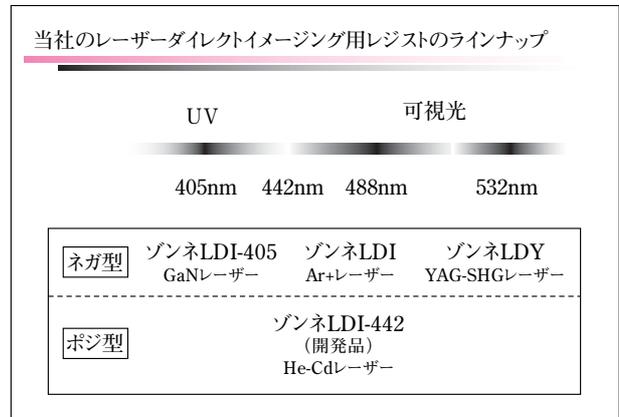


図15 当社LDI用レジストのラインナップ

6. 謝 辞

本研究を遂行するにあたって、描画テストにご協力頂きました、大日本スクリーン製造株式会社殿、ペンタックス株式会社殿に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小嶋大輔他: 75th JSCM ANNIVERSARY CONFERENCE p.246~p.249 (2002)
- 2) ペンタックス株式会社 DI-2080カタログ
- 3) 大日本スクリーン製造株式会社 FR-7200カタログ
- 4) 竹添浩司: 第78回ラドテック研究会講演会要旨集 p.11~16 (2002)