

# Visible light maskless photolithography Pada tembaga menggunakan cairan pengikis *Ferri chloride*

Dedi Suwandi<sup>a</sup>, Badruzzaman<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252  
E-mail : dedi@polindra.ac.id

<sup>b</sup> Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu, Indramayu 45252  
E-mail : badrus@polindra.ac.id

## ABSTRAK

Keberhasilan modifikasi photolithography dalam proses *visible light maskless photolithography* dengan DLP Projector digabung dengan proses biomachining membuat bertambahnya metode mikrofabrikasi dengan sistem lithography. Dengan maksud membuat modifikasi dari *visible light maskless photolithography* maka dilakukan penggantian proses pengikisan material menggunakan cairan *ferri chloride* menggantikan proses *biomachining*. Proses yang dilakukan dimulai dari proses persiapan, bahan uji dari tembaga dipotong dan dibersihkan supaya mendapatkan hasil yang maksimal, kemudian diberi cairan *negative photoresist* selanjutnya proses penyinaran (*exposure*) dengan *visible light* (sinar tampak) berasal dari *DLP projector* yang terhubung ke laptop sebagai pembentuk model. Proses *exposure* mengkombinasi warna hitam dan biru terang. Karena yang digunakan cairan *negative photoresist* maka yang bagian hitam akan hilang sedangkan bagian yang berwarna biru terang akan mengeras dan melindungi tembaga, setelah *exposure* dilakukan pelarutan (*removal*) untuk menghilangkan cairan *resist* yang tidak dibutuhkan, selanjutnya bahan dimasukkan kedalam cairan *Ferri Chloride* ( $\text{FeCl}_3$ ) yang akan mengikis tembaga yang tidak terlindungi. Hasil proses pengikisan tembaga yang tidak terlindungi *resist* akan membentuk profil sesuai model yang ada pada laptop. Profil huruf dan alur sirkuit listrik telah berhasil dibuat dengan ukuran garis terkecil 132  $\mu\text{m}$  dan memiliki kekasaran tepi 6,6  $\mu\text{m}$ .

**Kata Kunci :** visible light maskless photolithography, maskless photolithography

## 1. PENDAHULUAN

Selain bentuk, ukuran sebuah produk atau benda saat ini juga sangat mempengaruhi ketertarikan masyarakat untuk menggunakannya. Kenyataan yang terjadi manusia menginginkan benda dengan ukuran yang kecil karena memiliki keunggulan diantaranya mengurangi tempat, mempermudah penggunaan dan mudah dibawa.

Dengan peluang tersebut maka munculah bermacam cara produksi (*manufacture*) untuk membuat bentuk-bentuk kecil atau disebut *microfabrication*. Penerapan teknologi mikro sudah dilakukan di bidang permesinan, kesehatan dan elektronika seperti *micro gear*, *micro channel*, *micro needle*, *micro controller* dan *micro heat-exchanger*. Untuk membuat profil/ bentuk-bentuk dengan ukuran sangat kecil dilakukan dengan cara *conventional* seperti *micromilling* [1] dan *micro lathe* [2], maupun dengan cara *non-conventional* seperti *lithography*.

Metode *lithography* sekarang sudah sangat pesat yang dahulu umumnya menggunakan sinar Ultra Violet seperti *UV lithography* [3], beralih menggunakan sinar X-Ray seperti *X-Ray lithography* [4] dan *LIGA* (*Lithographie*,

*Galvanofarming*, *Abfarming*) [5] yang lebih kuat sehingga menghasilkan bentuk yang lebih kecil berskala nano. Selain memiliki keunggulan seperti tingkat kepresisian tinggi dan waktu proses yang lebih cepat ada juga kendala yang dihadapi metode *lithography* diantaranya membuat sumber sinar UV dan X-Ray membutuhkan alat, sumber energi dan dana yang besar, selanjutnya dari segi keamanan radiasi juga memerlukan perhatian khusus.

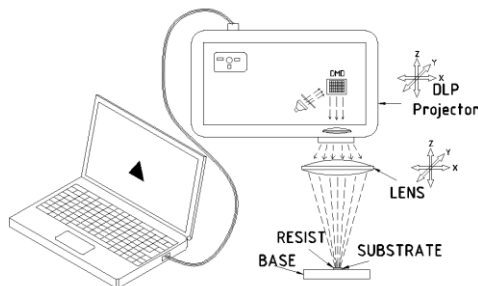
Sehingga beberapa percobaan dilakukan untuk mengurangi kendala proses *lithography* seperti Dhanesh K.R dan kawan-kawan [6] yang mengganti sumber sinar yang umumnya menggunakan sinar UV atau sinar X-Ray diganti dengan sinar tampak yang berasal dari projector DLP dan tanpa cetakan (*maskless*).

Percobaan selanjutnya dilakukan Dedi Suwandi dan kawan-kawan [7] yang mengaplikasikan *Visible Light Maskless Photolithography* digabungkan dengan proses *biomachining* pada bahan papan PCB untuk mengikis tembaga sehingga membentuk profil alur sirkuit listrik. Kelebihan yang diangkat adalah murah, mudah dan ramah lingkungan.

Dengan tujuan membandingkan hasil metode *Visible Light Maskless Photolithography* yang digabung dengan cairan *echant*, maka akan dilakukan percobaan *Visible Light Maskless Photolithography* dengan memodifikasi proses *biomachining* diganti dengan proses *eching*. Proses yang akan dilakukan pada tahap *Visible Light Maskless Photolithography* menggunakan jenis bahan, parameter proses dan alat yang sama yaitu menggunakan DLP projector komersial berbasis DMD (*Digital micromirror device*). Perbedaannya pada proses lanjutan dimana tembaga (Cu) setelah proses lithography dimasukan kedalam cairan *echant* jenis *ferric chloride* ( $\text{FeCl}_3$ ). Selanjutnya profil yang dihasilkan diukur menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk melihat berapa besar deviasi rata-ratanya.

## 2. MASKLESS PHOTOLITHOGRAPHY

Metode ini adalah salah satu modifikasi dari *Photolithography* konvensional, tidak lagi menggunakan cetakan (*mask*). Profil langsung dibuat dan dipancarkan langsung pada substrate yang sudah dilapisi *photoresist* melalui projector DLP yang bersumber dari komputer atau laptop. Skema cara kerja *Maskless Photolithography* dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar1. Skema *Maskless Photolithography*(7)

## 3. PROSES PENGAMBILAN DATA

Tahapan yang dilakukan pada proses *Visible Light Maskless Photolithography* yaitu dari persiapan (*preparation*) sampai selesai (*finishing*) adalah sebagai berikut:

### 3.1 Persiapan

Proses awal yang dilakukan adalah persiapan bahan yaitu pemotongan dan pembersihan dari kotoran atau zat kimia supaya mendapatkan hasil yang maksimal.

### 3.2 Pemberian cairan *photoresist*

Proses pemberian cairan *photoresist* pada permukaan tembaga spesimen uji, kemudian diputar (*spincoater*) supaya menghasilkan ketipisan yang merata pada kecepatan 2000 rpm.

### 3.3 Penyinaran (*Exposure*)

Proses ini adalah proses pemindahan model profil dari komputer atau laptop kemudian

dipancarkan melalui *DLP Projector* yang menyinari sampel uji yang sudah diberi cairan *resist*.

### 3.4 Developing

Proses menghapus cairan *resist* yang tidak tersinari dengan cairan *developer*.

### 3.5 Eching

Proses ini adalah proses mengikis tembaga yang tidak terlindungi cairan resist.

### 3.6 Finishing

Terakhir adalah melakukan pengukuran hasil dari tembaga sampel uji.

## 4. HASIL DAN ANALISA

### 4.1 Waktu *Exposure*

Pada bagian ini ada data yang tidak sesuai dengan literatur [7] yang sudah dilakukan sebelumnya, karena jenis dan spesifikasi *DLP projector* yang digunakan berbeda. Percobaan yang dilakukan menghasilkan data seperti pada tabel 1.

Tabel 1. Data variasi *exposure*

| TEST | EXPOSURE [min] | COMMENT                |
|------|----------------|------------------------|
| 1    | 7              | Profil kasar           |
| 2    | 6              | Profil kasar           |
| 3    | 5              | Profil menuju rapih    |
| 4    | 4              | Profil menuju rapih    |
| 5    | 3              | Profil rapih           |
| 6    | 2              | Profil ada yang hilang |
| 7    | 1              | Tidak terbentuk        |

Dari pengujian didapat waktu *exposure* terbaik pada waktu 3 menit.

### 4.2 Eching

Proses pengikisan tembaga yang sudah dilakukan dapat dilihat seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Data variasi *eching*

| TEST | ECHING [min] | COMMENT                                                       |
|------|--------------|---------------------------------------------------------------|
| 1    | 1            | Profil belum jelas terbentuk                                  |
| 2    | 2            | Profil sudah terbentuk tapi belum rapi masih ada sisa tembaga |
| 3    | 3            | Profil terbentuk rapi                                         |
| 4    | 4            | Profil terkikis <i>echant</i>                                 |

Dari pengujian didapat waktu *developing* terbaik pada waktu 3 menit.

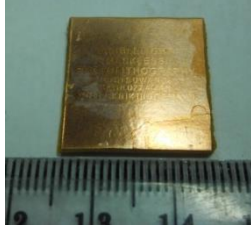
### 4.3 Hasil Profil

Profil yang berhasil dibuat dengan metode *Visible Light Maskless Photolithography* dengan cairan *echant ferric chloride* diantaranya, huruf dan alur sirkuit listrik.

#### a. Huruf



Gambar 2. Profil model Huruf

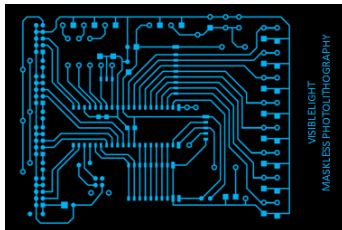


Gambar 3. Hasil Exposure model Huruf

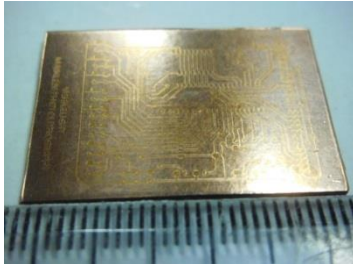


Gambar 4. Hasil Eching model huruf

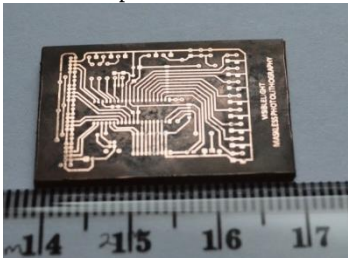
#### b. Alur Microcontroller



Gambar 5. Profil Model microcontroller



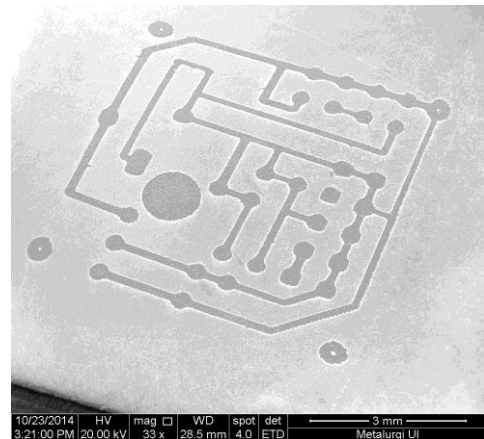
Gambar 6. Hasil exposure model microcontroller



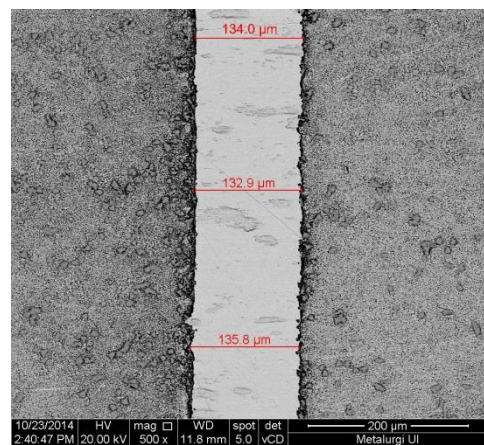
Gambar 7. Hasil etching model microcontroller

#### 4.4 Hasil Pengukuran Scanning electron Microscope (SEM)

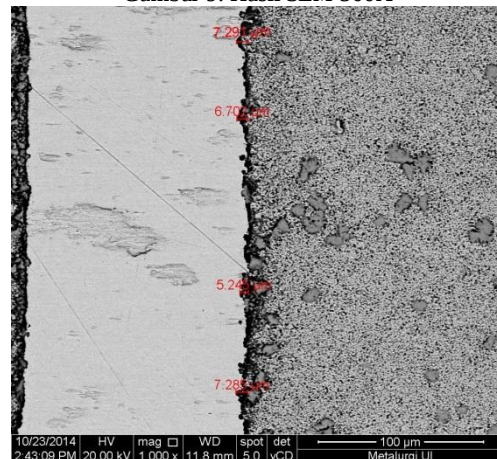
Setelah dilakukan pengukuran profil yang berhasil dibuat maka didapat seperti pada gambar 8, 9 dan 10.



Gambar 8. Hasil SEM 33X



Gambar 9. Hasil SEM 500X



Gambar 10. Hasil SEM 1000X

#### 5. KESIMPULAN

Proses *visible light maskless photolithography* menggunakan *DLP Projector Infokus IN114A* pada *negative resist tone* berhasil dilakukan. Dengan parameter terbaik: posisi lensa pemfokus proyektor dan 14 cm diatas material uji papan PCB, menggunakan kombinasi warna hitam dan biru terang ( $R=0$ ,  $G=176$ ,  $B=240$ ) dengan waktu *prebake* 1 menit, *spin* 2000 rpm, *exposure* 3 menit, *Develop* 5 menit, *Postbake* 5 menit dan *Eching* 3

menit. Profil yang berhasil dibuat diantaranya: garis, huruf, alur listrik, dan bentuk microcontroller. Profil garis terkecil yang dapat dibuat yaitu  $\mu\text{m}132$   $\mu\text{m}$  dan memiliki kekasaran tepi  $6,6 \mu\text{m}$ .

#### UCAPAN TERIMAKASIH

1. Dirjen DIKTI
2. Bpk. Jos Istiyanto, Dept.Teknik Mesin, Universitas Indonesia-Depok
3. Bpk. Casiman Sukardi, Direktur Politeknik Negeri Indramayu.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mohammad Malekian, Simon S. Park, Martin B.G. Jun, 2009, "Tool wear monitoring of micro-milling operations", Journal of Materials Processing Technology, Volume 209, University of Calgary, Calgary, AB, Canada, sciencedirect.
- [2] Zinan Lu, Takeshi Yoneyam, 1999, "Micro cutting in the micro lathe turning system", International Journal of Machine Tools and Manufacture, Volume 39, Issue 7, July 1999, Pages 1171–1183, Kanazawa 920-8667, Japan.
- [3] A. Bertsch, H. Lorenz, P. Renaud, 1998, 3D microfabrication by combining microstereo lithography and thick resist UV lithography, International Journal of Sensors and Actuators 73-1999. 14–23
- [4] W. Ehrfeld, A. Schmidt, 1998, Recent developments in deep X-ray lithography, J. Vac. Sci. Technol. B 16 Mechanical Systems, Oiso, Japan, pp. 81–85.
- [5] Kouto, Kamigori, "LIGA process – micromachining technique using synchrotron radiation lithography – and some industrial applications", Harima R&D Laboratories, Sumitomo Electric Industries, Ltd., Hyogo 678-1205, Japan, Sciencedirect
- [6] Dhanesh Kattipparambil Rajan, Jukka-Pekka Raunio, Markus Tapani Karjalainen, Tomi Ryyänen, Jukka Leikkala, 2013 "Novel method for intensity correction using a simple maskless lithography device," Sensors and Actuators A 194 (2013) 40– 46.
- [7] Dedi Suwandi, Jos Istiyanto, Yudan Whulanza 2013 "Visible light maskless photolithography for biomachining application" Applied Mechanics and Materials Vol. 493 (2014) pp 552-557, [www.scientific.net/AMM.493.552](http://www.scientific.net/AMM.493.552),