**PROSES FABRIKASI BAHAN SEMIKONDUKTOR FOTOLITOGRAFI SEBAGAI PROSES PERANCANGAN DEVAIS TRANSISTOR SEMIKONDUKTOR**

Risandy Bayu Setiawan, Laboratotirium Rekayasa Material dan Bahan

Jurusan Teknik Fisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Sukolilo, Surabaya

**Abstrak**

Fotolitografi merupakan tahapan proses dasar untuk pembuatan divais semikonduktor dengan teknologi mikroelektronika. Proses fotolitografi adalah proses pemindahan pola bentuk geometris pada masker ke lapisan tipis (beberapa mikron) dan bahan yang peka terhadap radiasi (*photoresist*). Pertama, fotoresis biasanya dilapiskan dengan cara *spin coating* atau *spray coating* untuk melapisi permukaan wafer silikon. Kedua, di dalam litografi sinar (radiasi) ultraviolet (UV) digunakan untuk mengubah kelarutan fotoresis ke dalam suatu pelarut. Fotoresis positip menjadi lebih larut pada penyinaran dengan sinar UV., sedangkan fotoresis negatif menjadi lebih larut, setelah fotoresis ini mengalami proses polimerisasi. Pembuatan divais semikonduktor dan rangkaian terintegrasi (IC) terdiri dari bermacam - macam lapisan melalui photolithography (pelindung masker) dengan tahapan proses seperti daerah oksidasi, difusi, *gate*, lubang kontak. atau metalisasi dengan setiap tahap memerlukan pelindung (masker). Tahap pelindung ini menentukan daerah dimana tahap proses berikutnya akan ditentukan. Jumlah semua tahapan proses itu akan menghasilkan divais dan rangkaian dengan sifat listrik yang spesifik.

*Kata Kunci : Fotolitography, fotoresist positif dan negatif, divais semikonduktor****.***

1. **Pendahuluan**

Lapisan Silikom Oksida ( SiO2 ) merupakan masker pencegah masuknya ketidakmurnian ke dalam bagian wafer yang tidak dikehendaki pada saat proses difusi. Dengan mebuat pola tertentu pada lapisan oksida dapat dilakukan difusi, mtalisasi dan pelapisan silikon secara efektif. Selain itu lapisan ini dipergunakan juga untuk menjaga agar silikon (Si) tidak dipengaruhi secara langsung dalam udara terbuka dan pula dapat dipergunakan untuk mengisolasi silikon terhadap interkoneksi. Ada 2 cara penumbuhan Silikon Oksida, yaitu dengan temperatur tinggi dan dengan temperatur yang rendah. Penumbuhan dengan temperatur rendah dilakukan dengan CVD (*Chemical Vapour Deposition*), atau pengendapan uapdan dapat pula dipakai untuk mengisolasi silikon terhadap interkoneksi kimia. Pada pembuatan rangkaian *Integrated Circuit* ( IC), kebanyakan lapisan oksida untuk masker pelindung difusi dibentuk dengan metode oksida panas, yaitu dengan jalan meletakkan keping wafer silikon dalam oksigen kering atau campuran gas dan uap air serta oksigen (O2 basah dan dipanasi pada temperatur yang tinggi (900 – 1200 °C). Hu bungan antar lapisan pada *chip* melalui lubang kontak juga dilakukan dengan melubangi lapisanS iO2 dilakukan melalui proses fotoltografi dan etsa.Diatas lapisan SiO2 pada wafer silikon , fotoresis diolesi dengan cara spinning digunakan untuk proses Etsa Foto (Photo Etching) . Fotoresis ini merupakan bahan molekul tinggi yang coraknya dapat berubah – ubah bila mendapat pengaruh dari penyinaran cahaya. Fotoresis adalah komposisi kimi molekul tinggi . Ynag mempunyai daya tahan pelarutan daya, lekat yang kuat dan eka cahaya dapat digunkan untuk fotolitografi. Pertama , pada permukaan bahan yang akan diproses diolesi fotoresis dan dikeringkan. Kemudian pola rangkaian yang tealh digambar ditempelkan sesuai dengan keinginan dan diberi penyinaran dengan menggunakan ultraviolet (UV). Bagian yang tersinari akan larut oleh cairan pelarut resis positif , biasanya berupa asam kuat (HF/ Asam Fluorida), sedangkan resis negatif tidak akan ikut larut.Setelah selesai, fotoresis yang tersisa dipadatkan dan dikeringkan. Dengan jalan seperti inilah fotoresis akan dihilangkan, setelah bahan uji dietsa dengan HF, pada lapisan fotoresis akan tercetak pola rangkaian. Akhir – akhir ini sebagai pengganti UV dapat juga digunakan berka elektron atau ion (sinar X). Fotolitografi merupakan proses pemindahan pola geometris pada masker ke lapisan tipis dari material yang peka terhadap radiasi ( resis) yang menutupi permukaan wafer semikonduktor dengan metode penyinaran cahaya. Pola resis dibentuk oleh proses fotolitografi bukanlah elemen yang tetap hanya tiruan dari feature ranngkaian.

Proses fotolitografi dalam proses fabrikasi divais semikonduktor merupakan bagian yang penting dimana geometri divais ditentukan pada permukaan wafer silikon . pembuatan devais semikonduktor terdiri atas berulang kali proses fotolitografi seperti dalam tahap proses pembukaan gerbang ( gate) untuk proses difusi, oksidasi atau pasivasi atau metalisasi.

1. **Masker Untuk Fotolitografi**

Masker mengandung pola lapisan yang akan ditransferkan ke wafer untuk membentuk rangkaian. Tiap langkah proses memerlukan sebuah masker yang memuat pola tertentu yang dibuat oleh perancang.

Perancang membuat pola rangkaan dan devais sesuai dengan fungsi IC yang diharapkan. Hasil perancangan mungkin merupakan program komputer yaitu menggunakan CAD ( Computer Aided Design). Program komputer itu mengatur penggambaranpola tiap masker sesuai dengan keperluan untuk proses pembuatan IC yang telah ditentukan oleh perancang.

Antara lain pentransferan pola ke tiap masker dilakuakan dengan alat Pattern Generator yang mampu menggambar pada plate kaca masker dengan bantuan sinar yang bentuk dan ukurannya diatur oleh data komputer, menghasilkan pola kontras hitam putih pada masker yang berbentuk kaca tersebut. Sejumlah masker disiapkan dan selanjutnya dipergunakan dalam prose fotolitografi untuk merealisasikan chip. Untuk proses MO diperlukan jumlah masker berkisar antara 9 – 12 buah, bergantung pada proses.

1. **Tahapan Proses Fotolitografi**

Proses fotolitografi dilakukan dengan menggunakan bahan fotoresis. Fotoresis merupakan jenis enyawa organik yang peka cahaya (sinar ultraviolet) . Ada dua jenis fotoresis, yaitu bersifat fotoresis negatif dan positif. Fotoresis negatif, dimana cahaya UV yang yang jatuh pada resis menyebabkan terjadinya proses polimerisasi yang menyebabkan ikatan kimianya bertambah kuat sehingga lebih tahan terhadap pelarut.

Fotoresis positif, dimana cahaya UV yang jatuh mengenai resis meruskkan struktur kimia dari senyawa sehingga mudah larut dalam pengembang *(developer)*.

Fotoresis umumnya harus memiliki sifat – sifat yang diperlukan pada proses ddivais seperti :

1. Daya adhesi yang baik.

2. Tahan terhadap larutan etchant.

3. Sensitivitas atau kepekaan terhadap cahaya.

4. Resolusi yang baik sehingga pola gambar dalam bentuk orde mikron dapat dicapai dengan tajam.

Contoh dari fotoresis negatif antara lain Selectilux N 220; Olint Hunt Way Coat Negative; KPR; KMER; KTFR dan lainlainnya. Photoresist positip : AZ 1350 - J Shipley; AZ 111; AZ 119; AZ 345 dan lain-lainnya.

Hal yang penting perlu diperhatikan pada pemakaian fotoresis adalah lapisan hams rata (*uniform*), homogen dan bebas dari *pinhole*. Untuk memperoleh lapisan yang merata pada wafer digunakan *photoresits spinner*. Untuk viskositas tertentu, ketebalan yang dapat memenuhi syarat pada proses adalah sekitar 2000 - 4000 rpm. Adapun alat spinner dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1Spinner

Teknik Etsa Foto (Fotolitografi) yang menggunakan fotoresis selain digunakan untuk pembuatan divais semikonduktor, juga untuk pembuatan papan rangkaian tercetak *( printed circuit board, PCB)*. Akan tetapi, yang paling kelihatan kemajuannya adalah pada proses pembuatan rangkaian terpadu semikonduktor. Sampai sekarang sudah dapat memproses hingga kabel ukuran 1 mikron dan diharapkan akan semakin diperkecil sehingga dapat digunaka tidak hanya dalam bidang semikonduktor ( IC dan LSI), tetapi juga untuk prose lain yang mementingkan bahan berukuran kecil.

Fotolitografi (Etsa Foto) sangat pentng dalam proses pembuatan rangkain IC dan bermnafaat untuk etsa yang selektif pilihan pada oksida dan juga untuk etsa dari pola interkoneki. Proses etsa yang dilakukan secara kontinyu diperlihatkan pada proses – proses:

1. Melapiskan fotoresis pada SiO2
2. Masker foto yang menempel sangat rapat
3. Penyinaran dan pencetakan
4. Etsa Sio2
5. Pembuangan dari bahan fotoresis sisa
6. Alat pemutar *( spinner)*
7. Alat untuk menurunkann

*( alignment)* masker

Hal – hal yang penting dalam fotolitografi dapat dijelaskan sebagai berikut:

Metode *photoetching* yang digunakan untuk pengikisan (pembuangan) lapisan silikon dioksida (SiO2 ).



Gambar 3.2 Proses *Photoetching*

Selama proses fotolitigrafi, *wafer* dilapisi lapisan tipis *photoresist* dinamakan *photoemulsion*( emulsi peka cahaya), sebagai contoh *photoroesist KPR* ( *photosensitive* yang digunakan untuk melukis cahaya dan fitolitografi).

KPR disinari melalui masker dengan sinar ultraviolet, fotoresist dibawah masker yang tranparan mengalami polimerisasi. Sekarang maskernya disingkirkan, dan kemudian wafer dicelupkan ke dalam larutan *developer* berupa cairan kimia (misalnya *trichloroethylene*) untuk melarutkan bagian-bagian lapisan tipis fotoresist yang tidak terkena pencahayaan (*unpolymerized*)



Gambar 3.3 Photoresist setelah perkembangan

Lapisan fotoresist yang tidak larut pada larutan *developer* menjadi *fixed* (mengeras) sehingga menjadi resistan pada proses pengikisan berikutnya. Kemudian chip itu dicelupkan ke dalam larutan *etching* yang terdiri dari *hydrofluoric acid*, untuk mengikis bagian lapisan silikon dioksida untuk tempat-tempat yang akan dilalui difusi dopant.

Bagian-bagian lapisan silikon dioksida yang terlindungi oleh fotoresist tidak terkikis oleh *hydrofluoric acid*. Sesudah proses *etching*, kemudian lapisan fotoresist harus dibuang dengan larutan kimia (H2SO4 panas) di dalam peralatan proses*mechanical abrasion*.

Urutan proses [fotolitografi](http://www.circuitstoday.com/photolithography) dapat dirangkum sebagai berikut.

1. Pada permukaan subtrat dibuat lapisan tipis fotoresist, kemudian diletakkan masker pola untuk membuat lubang bukaan yang diinginkan, lalu dilakukan pencahayaan dengan sinar ultraviolet, terjadi perubahan solubilitas (kelarutan) yang timbul pada pola.
2. Pada fotoresist positif, pencahayaan itu menambah solubilitas, pada fotoresist negatif , pencahayaan itu mengurangi solubilitas. Sehingga, menimbulkan pola yang berlainan sesudah dilakukan proses pengembangan (*development*).
3. Setelah proses pengembangan, dilanjutkan dengan proses *etching* (pengikisan) untuk menimbulkan pola pada substrat, dan diteruskan dengan pembersihan fotoresist

. Gambar 3.4 Proses Fotolitografi

|  |
| --- |
|  |

**Kesimpulan**

Fotolitografi merupakan tahapan proses dasar pada pembuatan devais semikonduktor dengan teknologi mikroelektronika. Merupakan suatu proses pemindahan pola bentuk geometris pada masker ke lapisan tipis dari bahan yang peka terhadap cahaya ( fotoresis).

Mula-mula fotoresis (photoresist) dilapiskan dengan cara *spin coating* untuk melapisi permukaan wafer silikon. Kedua, didalam lithography sinar (radiasi) ultra violet (u.v.) digunakan untuk mengubah kelarutan fotoresis ke dalam suatu pelarut. Fotoresis positif menjadi lebih larut pada penyinaran dengan sinar u.v., sedangkan fotoresis negatif menjadi lebih larut, setelah fotoresis ini mengalami proses polimerisasi. Pembuatan divais semikonduktor dan rangkaian terintegrasi (IC) terdiri dari bermacam-macam lapisan melalui photolithography dengan pelindung (masker) dan tahapan proses ini melalui tahapan proses lainnya seperti oksidasi, difusi, gate, lubang kontak, atau metalisasi dengan setiap tahap mernerlukan masker. Tahap pelindung mi menentukan daerah dimana tahap proses berikutnya akan ditentukan. Jumlah semua tahapan proses itu akan menghasilkan divais dan rangkaian dengan sifat listrik yang spesifik.

**Daftar Pustaka**

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Photolithography
2. Zambuto, Mauro, 1989, Semiconductor Devices, Departement of Electrical Engineering, New Jersey Institute of Technology
3. http://www.nature.com/nprot/journal/v6/n8/fig\_tab/nprot.2011.360\_F3.html
4. http://www.circuitstoday.com/photolithography