

フォトリソグラフィ (Photolithography)

永田 敬

リソグラフィ(リトグラフ)という言葉は、もともとは、石版刷等の版画のことを意味しているが、半導体製造技術においては、光や電子線等を利用して平面基板にパターンを転写する写真製版のことを意味する。その中で光(主に紫外線)を利用してパターンを転写する技術をフォトリソグラフィという。フォトリソグラフィにはパターンの転写方式の違いによりネガ型とポジ型がある。ネガ型とポジ型の違いは、図4から図7で示す様にネガ型は露光により感光した部分がパターンになり、ポジ型は露光により感光していない部分がパターンとなる。フォトリソグラフィが開発された頃はネガ型が主流であったが現在では感度のよいレジスト(感光材料)が開発されたポジ型が主流である。

以下に、フォトリソグラフィを用いたLSIの素子を形成する一例を示す。

1. 基板洗浄

基板(p型半導体)表面のゴミや酸化膜を除去する。

2. 酸化膜形成

基板内にn型領域を形成する工程のために酸化膜を酸素を含んだ雰囲気中で形成する。

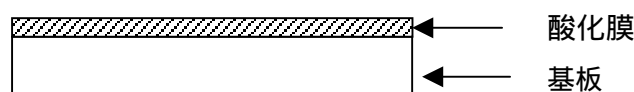


図1 酸化膜の形成後

3. レジスト塗布

酸化膜の上にマスクのパターンを焼き付けるために有機溶剤で溶かしたレジスト(感光材料)を塗布する。

マスクとはガラスまたはフィルムで出来た、転写するパターンの原版のことで、写真でいうネガに相当する。また、写真の印画紙に相当するのは、レジストである。

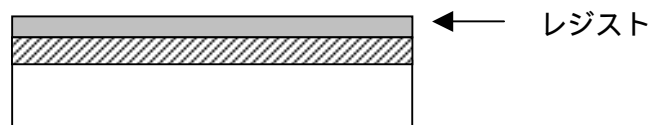


図2 レジストの塗布

4. プリベーク

レジストと酸化膜を密着させるためにレジストに含まれている有機溶剤を蒸発させる。(温度 80~100)

5. 露光

レジストに光（紫外線）を照射してマスクのパターンを転写する。

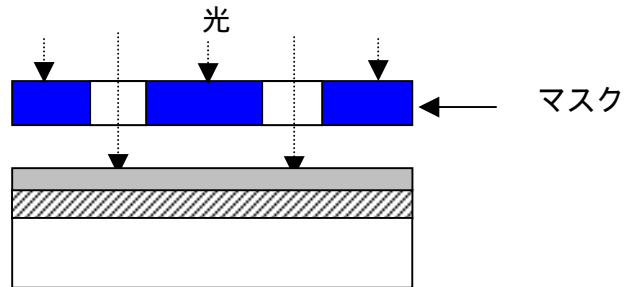
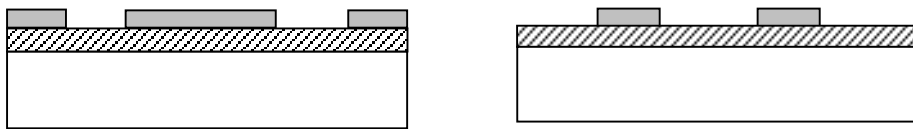


図3 露光

6. 現像・リンス

露光したものを現像し、純水で洗浄（リンス）する。



(a) ポジ型

(b) ネガ型

図4 現像

7. ポストバーク

次のエッチング工程のためにレジストと酸化膜を密着させ対食性を向上させる。（温度約 100～200℃）

8. エッチング

レジストの覆われていない部分の酸化膜をエッチングで除去する。

現在では基板をエッチング液に漬けるウェットエッチング方式より、エッチングガス中に基板を置きイオンなどを利用するドライエッチング方式が主流となっている。



(a) ポジ型

(b) ネガ型

図5 エッチング後

9. レジスト除去

酸化膜を覆っていたレジストを有機溶剤（アセトンなど）で除去する。

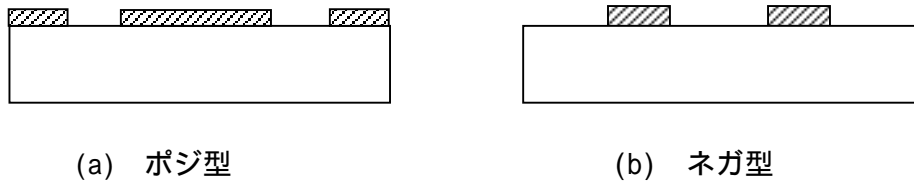


図6 レジスト除去後

10. n型領域の形成

n型領域を形成するためにドナーとなる 族の元素（P など）を含んだ雰囲気中に基板を投入し、拡散によりn型領域を形成する。

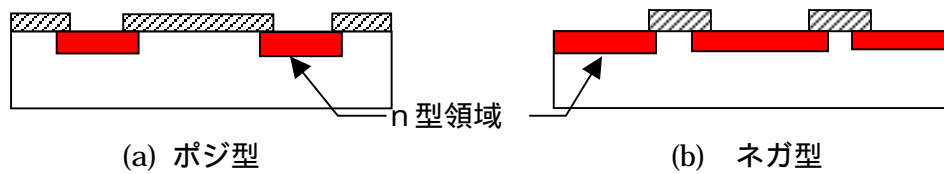


図7 n型領域形成後

多層配線などを行う時は、1 から 10 までの工程を材料（n領域を作るかp領域を作るかで）を変え通常数回行う。説明ではp型半導体中にn型領域を作ったが逆の場合も同様に製作できる。また、マスクの形は作るものによって異なる。

11. 酸化膜の除去

次の金属電極や配線をつける工程のために基板上の酸化膜を除去する。



図8 酸化膜の除去後

12. 酸化膜の形成

配線を絶縁するために酸化膜を酸素を含んだ雰囲気中で形成する。

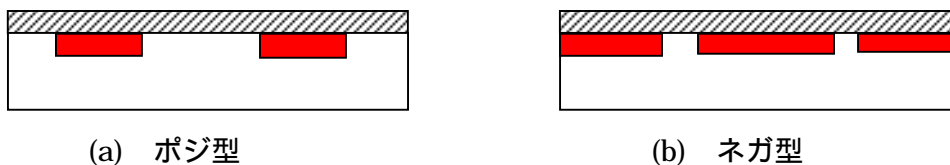


図9 酸化膜形成後

13.酸化膜の加工

3 から 9 の工程 (フォトリソグラフィ) を行い、絶縁する部分のみ酸化膜を残す。



図 10 酸化膜の加工後

14.金属の蒸着

酸化膜を加工し終わった基板の上に金属 (アルミなど) を蒸着させる。

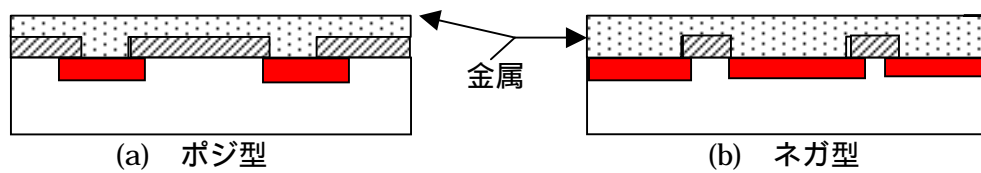


図 11 金属の蒸着後

15.金属の加工

3 から 9 までの工程 (フォトリソグラフィ) を行い、必要のないところの金属を除去する。



図 12 金属の加工後

以下に、実際に用いられる材料を示す。

1. レジスト

ポジ型...環状ゴム系では 1.4 シス-ポリイソプレンが用いられ、ポリケイ皮酸ビニル系では、ポリビニルアルコールとケイ皮酸クロライドの合成した物が用いられる。

ネガ型...ナフトキノアジトという高分子がスルホン酸エステルという形で用いられる。

2. 現像液

ポジ型...水酸化テトラメチルアンモニウム水溶液が用いられる。

ネガ型...キシレンとアセタートの混合液が用いられる。

3. エッチング液

金属...リン酸 (アルミに用いる)、塩化第二鉄 (銅に用いる) などが用いられる。

酸化膜...フッ化水素酸が用いられる。

4. エッチングガス

金属...四塩化炭素、三塩化ホウ素、四塩化ケイ素、三塩化リンなどが用いられる。

酸化膜...四フッ化炭素、三フッ化窒素、六フッ化硫黄などが用いられる。