

7.2.6.2 Fertigung von Mikrostrukturen mit hohem Aspektverhältnis

Neben diesen isotropen Ätztechniken existieren mehrere stark anisotrope Siliziumtrockenätzmethoden. Sie tragen Namen wie DRIE (deep reactive ion etching=reaktives Tiefenionenätzen) (siehe dazu auch Abschn. 5.3), HARM (high aspect ratio micromachining=Mikrostrukturierung für hohe Aspektverhältnisse), ICP-RIE (inductively coupled plasma RIE=RIE mit induktiv gekoppeltem Plasma), BSM (black silicon method=Methode des schwarzen Siliziums) oder einfach ASE (anisotropic silicon etching=anisotropes Siliziumätzen). Verbesserungen auf mehreren Gebieten der Plasmaprozesstechnik haben diesen Fortschritt ermöglicht. Die erste Verbesserung besteht im Einsatz höherer Plasmadichten. Dies wurde durch neue Methoden zur Plasmaanregung ermöglicht. Eine Methode, die in mehreren kommerziellen Geräten zum Einsatz kommt, beruht auf der induktiven Anregung des Plasmas durch eine die Ätzkammer umwindende Spule. Das durch einen Wechselstrom bei 13,56 MHz hervorgerufene Magnetfeld bewirkt eine effizientere Ionisierung des Ätzgases als in herkömmlichen Plasmaätzen. Ferner beschleunigt eine elektrische Vorspannung des Substrats die Ionen auf Trajektorien senkrecht zur Waferoberfläche. In anderen Methoden erfolgt die Erzeugung des dichten Plasmas durch Verwendung eines Magnetfelds, z. B. in der MIE (magnetic ion etching=magnetisches Ionenätzen) genannten Variante oder durch die Kombination von statischen magnetischen mit dynamischen elektrischen Feldern über Elektronenzyklotronresonanz. In all diesen Prozessen wird der senkrechte Beschuss der Siliziumoberfläche zu einer wichtigen Komponente des Ätzprozesses. Schwefelhexafluorid (SF_6) ist ein in diesem Zusammenhang wichtiges Ätzgas.

Die zweite Verbesserung besteht in der Passivierung der resultierenden Seitenwände während des Prozesses. Die Methode der Seitenwandpassivierung ist seit langem eine Standardmethode der Aluminiumätzung in IC-Technologien. Ätzgaszusammensetzungen auf Chlorkohlenstoffbasis führen zum rapiden Angriff von horizontalen Oberflächen und zur gleichzeitigen Abscheidung einer dünnen Polymerschicht auf den entstehenden Seitenwänden. Die Polymerschicht wirkt als Passivierung gegen die weitere Ätzung. Dadurch wird der Prozess anisotrop. Der Prozess ermöglicht eine wesentlich bessere Kontrolle der

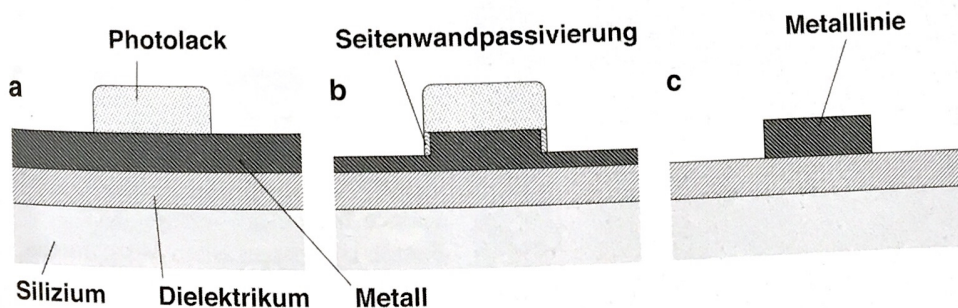


Abb. 7.2-27 In der IC-Technologie bei der Strukturierung von schmalen Metalllinien übliche Seitenwandpassivierung: (a) vor, (b) während und (c) nach der Ätzung.