

Si 平面型大功率晶体管的 BV_{EBO} 问题

——提高产品率的调查报告

物理系 半导体物理专业学员 全春平 江炎兴

(自然科学版抽印本)

中山大学学报編輯委员会

一九七四年六月

Si 平面型大功率晶体管的 BV_{EBO} 问题*

——提高产品率的调查研究报告

物理系半导体物理专业学员 全春平 江炎兴

在硅低频大功率晶体管生产中,往往由于发射结击穿电压 BV_{EBO} 不合格而成为降低成品率的主要问题。影响这个参数的原因可以是多种多样的。我们对工厂某高反压低大晶体管的生产进行了调查统计,作了一些实验和小批试生产,初步了解影响 BV_{EBO} 的一些具体原因,改进后对成品率有一定的提高。

一、概 况

我们调查了生产线上23批产品,由于 BV_{EBO} 不合格而使成品率下降的情况(见表 I)。

从表 I 看出,各工序合格率下降最大的是蒸铝。然而,蒸铝工作是常规,质量好,无反常现象。但去掉铝层后重行测量,管蕊依然合格,重新蒸铝,依然不合格。

为了找寻在蒸铝前 BV_{EBO} 合格的管蕊在蒸铝反刻后变成不合格的原因,工人和技术员作过各种试验,发现将反刻后 BV_{EBO} 不合格的管蕊先用腐蚀液($HF:NH_4F:H_2O=3:6:10$)把铝电极之间的 SiO_2 去掉,然后用 $HNO_3:HF=6:1$ 的腐蚀液将E、B极之间的硅体进行轻微腐蚀,再行蒸铝,则有部分的管蕊在反刻后变为合格产品,虽仍有不少废品存在,但说明不是蒸铝的问题。

二、实验观察

由于 BV_{EBO} 不合格而影响成品率的下降是很可观的,虽然通过腐蚀可以挽回一部分管蕊,但引起这现象的基本原因没解决。管蕊是用环状电极结构的,通过环间硅体腐蚀,可以使一部分不合格管蕊变为合格,这对我们有所启发。可以设想,有相当部分的管蕊在蒸铝之前已经形成了一些漏电的通道,一经腐蚀,割断了这些通道,因而使 BV_{EBO} 提高。这些漏电通道的形成原因多种,如光刻时有部分掩闭层破坏而形成结间短路;片子缺陷,在EB结间的合金点或位错堆集等等,都可导致 BV_{EBO} 不

* 1974.3.4接稿

表 I 刻引线孔后和铝反刻后 BV_{EBO} 的合格率

工序 合格 率 批 号	刻 引 线 孔			铝 反 刻			BV_{EBO} 的 总合格率
	总管蕊数 (只)	BV_{EBO} 好的 (只)	合格率	反刻管蕊数 (只)	BV_{EBO} 好的 (只)	合格率	
817A	303	268	88%	268	112	42%	37%
818A	290	280	97%	280	169	60%	58%
819A	280	204	73%	204	137	67%	49%
820A	300	300	100%	303	171	57%	57%
822A	288	186	65%	186	132	71%	46%
823A	301	252	89%	252	116	46%	41%
824A	300	280	93%	280	158	56%	52%
825A	290	275	94%	275	144	52%	49%
826A	293	290	99%	190	168	58%	57%
827A	306	273	89%	273	126	46%	41%
728B	225	210	94%	210	143	68%	64%
806B	222	181	82%	181	144	80%	66%
807B	259	196	76%	196	126	64%	49%
809B	259	192	74%	192	136	70%	52%
811B	218	210	96%	210	160	76%	73%
813B	256	242	94%	242	198	82%	77%
816B	221	220	99.5%	220	138	63%	63%
901B	229	204	89%	204	168	82%	73%
825C	254	220	87%	220	136	62%	54%
830C	246	218	89%	218	98	42%	37%
903C	234	194	83%	194	75	39%	32%
905	300	249	83%	249	138	55%	46%
906	229	184	81%	184	137	75%	61%

合格。另外还有相当多的管蕊不能挽回,也可能由光刻小岛、合金点破坏引起。

我们对各类型 BV_{EBO} 不合格的管蕊进行了腐蚀坑金相显微观察。将各种类型 BV_{EBO} 不合格的管蕊铝电极及极间的 SiO_2 层腐蚀掉,然后再将管蕊放入显示腐蚀液 CrO_3 (饱和水溶液): $HF = 1:1$ 中,腐蚀5分钟,观察片子表面金相情况,发现有三种因素严重影响 BV_{EBO} 成品率:

1. 光刻缺陷引起EB短路

我们在观察中看到光刻所引起的缺陷对于 BV_{EBO} 的影响是明显的。图1——3的显微照片说明光刻缺陷引起 BV_{EBO} 不合格的情况。

图1是光刻时由于各种原因而使基区的 B_2 环有割断区域,因而在割断地区的 SiO_2 被腐蚀掉,磷扩散后,造成 E_1 、 E_2 两环跨过基区 B_2 连通,在引线孔初测时, BV_{EBO} 合格,但一经蒸铝反刻之后,铝层就于缺陷区因复盖而造成 EB 短路。



图1 光刻缺陷使发射区通过基区,反刻后 EB 短路(照片是缺陷区显示)。

图2显示出发射区 E_2 在某处以锯齿状渗入基区 B_2 ,而又碰到合金点在其边缘,即使反刻后铝层复盖不到,也会由于合金点破坏了结,使 EB 短路。

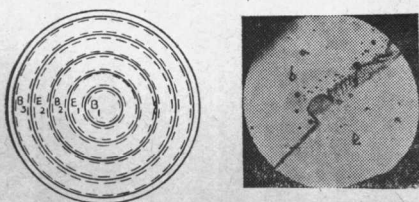


图2 光刻缺陷引起发射区渗入基区,在边缘上碰到合金点,引起EB 短路(照片是缺陷区显示)。

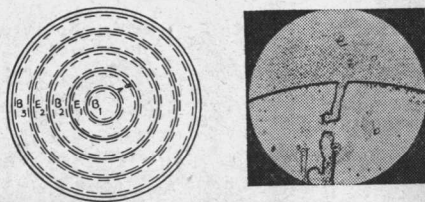


图3 光刻缺陷使发射区以“半岛形”渗入基区,引起EB短路。(照片是缺陷区显示)

图3说明光刻缺陷使发射区以半岛形状渗入基区,反刻后,基极铝层复盖发射区的一部分,因此 EB 短路。

我们观察到,光刻缺陷引起EB特性差的主要是发射区浸入基区,因“小岛”而产生的EB短路未发现,经光刻工人在显影后用针对“小岛”一丝不苟的去

除, 便有效地制止了“小岛”对 BV_{EBO} 的影响。目前所起的缺陷估计为抗蚀剂中混有微塵或与显影时抗蚀膜局部擦花有关。

2. 晶片损伤

另一种对EB特性影响的原因是晶片擦伤。这些表面损伤, 经氧化扩散工艺的高温热处理过程, 可能由于应力集中, 会引起二次缺陷的产生(如位错增殖)。如出现这种情况, 经过腐蚀之后, 可观察到一连串的腐蚀坑接成一条线, 贯通发射区和基区。这些损伤区域的存在, 在杂质扩散时特别容易引起异常现象, 例如扩散杂质沿位错线堆积, 因而在反刻后易出现短路问题。



图4 晶片损伤造成EB短路(照片是缺陷区显示)

晶片表面损伤多是工艺过程中机械损伤和原晶片抛光时有划痕所致。

3. 表面破坏点

在金相观察中, 发现在晶体表面有不同程度的破坏点存在。这些缺陷有相当部分是合金点或堆积物造成的, 分布很广, 数量也多。当这些缺陷在结交界面存在, 就会引起EB穿通或特性下降, 如图5。



图5 结边缘的破坏点(照片是缺陷区显示)

我们抽取59只 BV_{EBO} 反刻后不合格的管芯观察, 发现这些影响 BV_{EBO} 的原因出于光刻的有24只, 出于表面损伤的有12只, 出于破坏点的有18只, 其他5只。

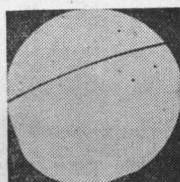
由以上的观察结果, 可见三种情况都是由于表面工艺的缺点, 使某一区域产生反型区(或边沿凸出), 在蒸铝后, 铝层就可能将P区与N区连接起来, 引起EB短路, 或 BV_{EBO} 下降。

三、讨论

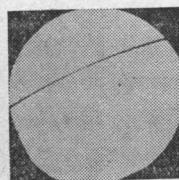
影响 BV_{EBO} 合格率的三个主要原因中,光刻的缺陷和表面损伤在工艺改进之后,完全可以克服。关于表面上的破坏点的存在而且密度较大,原因可能很多。有些是合金点,有些是位错的堆集,有些像堆积物等等,而合金点比较多。

我们认为,管芯的表面质量受热处理和表面杂质浓度影响,通常高温、高浓度长时间扩散会增加对表面的破坏。如果能保证参数性能,则表面浓度和扩散温度都不宜太高。另一方面,目前硼扩散采用液态杂质源,也易引起表面破坏,如果采用氮化硼作杂质源,可能对表面质量有改善。

为了寻求改善管芯表面质量,我们采用降低表面浓度的办法和改变杂质源的办法作了小批量试验,在现行工艺规范下,单采用降低硼、磷扩散表面浓度(分别比现行规范降低半个数量级)和适当降低预淀积温度,经核算,对参数没有什么影响。我们用了295片分三批作试验,结果反刻后成品率为69%, 82%, 48%。用现行规范,采用氮化硼扩散作了一批试验,反刻后成品率为89%。这四批试验,参数完全合格,管芯表面质量有所改善,如图6。



(a)低濃度管芯表面



(b)高濃度管芯表面

图6 低濃度扩散和高濃度扩散管芯表面質量比較

上述四批试验中,有三批反刻后成品率有所提高,但是有一批反刻后成品率只有48%。为了找寻原因,我们把该批25只 BV_{EBO} 不合格管芯观察,发现有17只是光刻问题(如图7), 4只是表面损伤, 1只是表面破坏点,其他3只。因此,适当降低表面浓度和扩散温度及采用BN作杂质源对提高 BV_{EBO} 成品率是可取的。

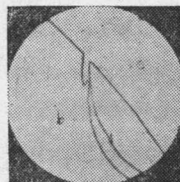
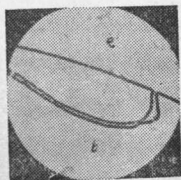


图7 光刻缺陷引起 EB 短路

这次实习,得到上无七厂各级领导、工人同志和革命技术人员的大力支持和耐心指导,使我们在思想上和业务上都有所提高,谨此致谢。