



拡散装置開発【私の拡散炉事始】



鈴木増雄 (株)日立国際電気
放送映像事業部 事業部長)

～応用編～

1. 前書き

【拡散炉の思い】

今思うと私は拡散炉と縁が深かったと思う、大学で新しいデバイスを作ると言う事で、Si 中に金を低温で拡散させた、この時使用した炉が国際電気製の拡散炉であった。その後縁あって国際電気に入社したのだが、新入社員教育の責任課長が拡散炉を開発していた。「良い断熱材が無く苦勞した、やっとの思いで国産第一号拡散炉DD-1A(昭和38年発売、1インチ用、均熱長 200mm)を開発した」と聞かされた。

教育修了後 GaAs 結晶を研究する事になったが、ここでも、単結晶生成、エピタキシャル成長、発光ダイオード製作に拡散炉を使った。その後は本格的に Si デバイスの装置を開発するとの事で成膜装置グループに入った。ここでも減圧 CVD 装置の開発用に拡散炉を使用した。

その後私は正式に拡散部隊に異動したが、その頃(昭和 58 年)はウェーハの大口径化、デバイスの高集積化と半導体技術はものすごいスピードで進展し、拡散炉はデバイス製作上のキー装置となりつつあった。成膜グループの時も勉強したが、拡散炉グループに入ってから拡散理論、熱酸化膜プロセスを眠いのを我慢しながら勉強をした。そんな訳で私は直ぐに拡散炉に対し愛着を持つようになった。

そんな訳で今でも拡散炉には深い思い入れがある、昔の事を思い出しながら「私の拡散炉事始」を此処に紹介したい。

2. ヒータの設計時代

【6インチヒータ、2ゾーンヒータ、急熱急冷ヒータの開発】

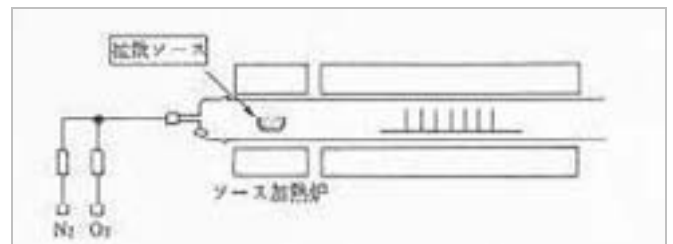
当社は昭和 47 年に 3 インチ用の拡散炉を開発したが、その後 4、5、6 インチと大口径化の連続であった。

そんな中わたしにとって印象深いのは、昭和 59 年頃だったと思うが、6 インチヒータの大口案件である。当社のヒータはカンタル線と言う特殊な金属(～10mm φ)を螺旋状に巻き、3 つのゾーンに分割した単純な構造で、如何にして長い均熱長を取るか、又消費電力を少なくするかが問われた。構造が単純なだけにノウハウに包まれていたが、今と違って書類は整備されておらず設計するのに苦勞した。

あちらこちらから古いファイルを引っ張り出し過去のデータを紐解き、ぶっつけ本番で均熱長 900mm の 6 インチの新型ヒータを設計した。心配で寝られない日もあったが、一発で所望の特性が得られ、胸を撫で下ろした事が今でも走馬灯の如く思い出される。

当時インプラ装置は非常に高価で有ったので不純物拡散には安価な拡散炉が使用されていた。

その中でもアンチモン拡散は特殊で図1に示される 2ゾーン炉と呼ばれる拡散炉が使われた。



《図 1: 2ゾーン炉の概念図;

semiconductor World 1983.8 pp48》

本炉は、拡散炉の後方にソース加熱用ヒータを設置し、2 つのヒータを用い不純物拡散を行うが、ヒータ間で温度の落ち込みが出来ると酸化アンチモンが固化してしまう、拡散炉(メイン)ヒータのパワーが大きいとソース加熱炉の均熱ゾーンの端が持ち上げられてしまうので、熱バランスを取るのが難しくノウハウに頼っていた。

当時は忙しく、平日はゆっくり考える時間が無かったので、休日に会社に行き、書庫の中から 2 ゾーン炉のファイルを探し出し、夜中まで過去のデータを紐解き、ソース加熱用ヒータを設計した。考えた末、ソース加熱用ヒータを可動出来る構造とした、このアイデアが功を奏し一発で所望の温度プロファイルが得られ自分のアイデアは正解だったと密かに自負心を持った。

拡散層の再分布を抑える為、ウェーハの出し入れ時の温度を下げる必要が出てきたので急冷ヒータを開発した。フロアでヒータ内に空気を送り込み急冷させるシステムだが、均熱を取りながら急冷させる事は非常に難しかった。試行錯誤の結果 3 本のノズルを炉内に挿入

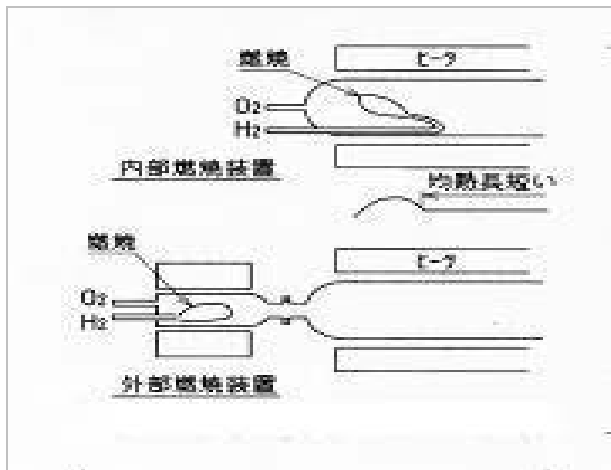
し、ブローの ON/OFF デューティをシーケンシャルに制御する事により、均熱を取りながら急冷する事が出来た。

之は売れるぞと盛んに PR したが、制御パターンが複雑であった為、又、この頃に成ると縦型炉が出始めた事もあって、拡販出来ず事業的には成功しなかった。タイムリーな開発が重要であると痛感した。

3. 酸化装置の進展

【内部燃焼と外部燃焼装置の開発】

昭和 60 年(1985)頃に成ると DRAM も 1M の時代を迎え、高純度酸化装置が必要となり、炉内で H₂ ガスと O₂ ガスを反応させ H₂O ガスを発生させる内部燃焼方式の酸化装置(通称パロジエック酸化)が考案された。この方法を図 2 に示すが、装置が簡単で清浄度が保たれるので一時多用されたが、燃焼時の反応熱で均熱ゾーンの一端が持ち上げられる欠点があった。そこで新たに外部燃焼装置を開発する事にした。



《図 2: 内部燃焼、外部燃焼の概念図》

炎検出器の改良、着火又は消火シーケンス、炎が消えた時のインターロック処理、リークレスで石英接続等に大変苦労した、しかし粘り強く改善を重ねた結果装置は完成し広く使われるようになった。良く「95 点は誰でも取れる、装置は 100 点を取らなければ駄目だ」と言われている、この外部燃焼装置は 99.5 点を取った装置と思っている。この外部燃焼装置は縦型炉にも多用され、今でも誇りに思っている。

4. Wet-Hydrogen 装置の開発

昭和 57 年頃から 1M-DRAM のゲート電極に W(タングステン)材が用いられるようになった。電極周辺は電界が集中するので耐圧が落ちる、これを補償する為 W を酸化させず、Gate 周辺の SiO₂ 膜を厚くする

技術が必要となった。之を実現する為、高温で H₂ アニールを行いながら、微量の O₂ ガスを流す、特殊 Wet-Hydrogen 装置(参考文献1)を開発した。

装置は前述の図 2 の内部燃焼方式の酸化装置を用い、H₂ ガスと O₂ ガスの接続口を入れ替えた装置がベースで、約 900°C の高温で H₂ ガスを流し、その後微量の O₂ ガスを流して、W のアニールを行う装置である。組み立てが完了し顧客の立会いの元、初めて H₂ ガスを流した。

先ず各部のリークチェックを入念に行い、リークの無い事を確認し H₂ ガスに切り替える。緊張しながら炉を 900°C まで昇温させ、大丈夫だった、「爆発しないでくれ」祈るような気持で炉内に O₂ ガスを流す。全員固唾を飲み見守った、爆発はしなかった、恐る恐る炉内を見ると O₂ ガスが青白い光を放ち燃え盛っていた。O₂ ガスを止め温度を下げ炉温が 500°C になった所で N₂ ガスに切り替え立会いは終了した、徹夜だった。

朝方何故か事業部のトップに知れ、「若し爆発したらどうするのだ！」と大目玉を食った、トップに内緒で H₂ ガスを流したのだった。私はこの装置は安価でしかもデバイス特性も良かったので、各社に PR したが、安全性に疑問を持たれ拡販出来ず、事業的には失敗した。

その後、枚葉式の Wet-Hydrogen 装置が開発され、それにとって代わられてしまった。装置のトータルコンセプトが如何に大切であるかを痛感した。残念であったが、当時の開拓者精神は今でも生きている。

5. クリーン化の加速

【ガス、石英部品、SiC、装置コストアップ】

昭和 57 年頃から東北大の大見教授が精力的に装置のクリーン化を提唱した為、クリーン化の波は急速に広まった。デバイスに悪影響を与える Na、P、B、アンモニア、有機物は極限まで排除された。ガス配管では水分が付着せず高純度が保たれる電解研磨方式が採用され、石英部品は高純度材、均熱管はアルミ材から Na のブロッカ効果が高い SiC 材に、原料ガス、液体の純度は極限まで高められ徹底してクリーン化がなされた。装置コストは急激に跳ね上がったが、装置の価格は若干上昇しただけで、設計者泣かせのクリーン化だった。今思えば当時のスーパークリーン化は必ずしも Must では無かったのでは、Must では無い所にはお客様はお金を出してくれないと改めて反省している。

6. 全自動拡散装置の開発

4M-DRAM になると酸化膜の薄膜化の要求が更に強まり、ウェーハ挿入時の自然酸化膜形成が問題に

