

科學의 달 紀念

學術講演會抄錄

著者

- 1. Solar Cell의 開發과 그 應用에 대하여
- 2. 自動制御에 있어서의 Identification

題名

- 3. 大直徑 Silicon 單結晶성장기술에 대하여
- 4. 電氣發達史

「Solar Cell의 開發과 그 應用에 대하여」

李 鍾 德 博士(韓國電子技術研究所)

결정방위(100)인 단결정 P형 실리콘 기판으로 N+PP+ 태양전지를 제작하여야 한다. 뒷면의 P+층의 형성은 940°C에서 60분간 Boron Nitride를 사용하는 첫 번째 Boron Predeposition과 Boron Glass를 제거하지 않고 1,145°C에서 3시간동안 행하는 두 번째 Predeposition으로 이루어지며 Eoron 확산층 어닐링은 1,100°C에서 40분간 하였다. 앞면의 N+층의 형성은 900°C에서 7~15분동안 POCL₃ Source를 사용하는 Phosphorus Predeposition으로 이루어지며 이에 대한 어닐링은 300°C에서 1시간동안 dry O₂ 분위기로 하였다. 금속 인극층의 형성은 Ti, Pd, Ag의 순으로 앞, 뒷면에 이들 금속들을 진공증착한 후 사진식각을 함으로써 이루어지며 이에 다시 전기도금을 하여 전체 전극층의 두께를 3~4μm정도로 증가시켰다. 표면 광반사를 줄이기 위해 앞면에 400°C에서 Silicon Nitride를 입혔으며 마지막으로 550°C에서 N₂/H₂의 분위기에서 10분간 Alloy를 함으로써 금속전극의 신뢰도를 높였다. 그 결과 제작된 면적 3.36cm²의 N+PP+ 전지들은 100mW/cm²의 인공 조명하에서 단락전류 103mA, 개방전압 0.59V, 충실도 0.8을 보였다. 따라서 실제 전면적(수광면적) 효율이 14.4%(16.2%)가 되어 BSF가 없는 N+P전지의 11% 전면적 변화효율에서 약 3.5%의 효율이 개선되었다.

註：本稿는 1981.4.24 延世大學校에서 開催한 當學會의 1981年度 科學의 달 紀念 學術講演會에서 發表한 內容의 抄錄으로 會員여러분의 研究遂行에 有益한 參考資料가 되리라 믿어 그 要旨를 紹介하는 바이다.

본 연구에서는 전면적 효율 10.9%, 수광면적효율 14.3%의 N+P형 태양전지에 BSF를 만들어 전면적 효율 14.4%, 수광면적효율 16%의 고효율 N+PP+ 태양전지를 만드는 표준공정을 개발하여 생산가능하게 하였다. 효율 향상에 고려한 사항은 1) 단락전류를 높이기 위한 접합깊이와 N+층의 불순물농도 조정, 2) P+를 형성하기 위한 불소의 농도 조정으로 직렬저항 감소와 캐리어의 수명연장, 3) 안정성있는 Ti/Pd/Ag 삼층금속전극의 증착과 직렬저항을 효과적으로 줄이기 위한 Ag 전기도금, 4) 전지수명을 고려한 N₂/H₂ 분위기에서의 Alloy, 5) 경제적이고 효율적인 Plasma Si₃N₄ 광반사막 형성 등이다. 앞으로의 과정은 Ion Implantation 방법으로 얇은 접합깊이(<0.2μm)를 얻어 단락전류를 증가시켜 고효율 태양전지를 만드는 공정개발과 생산가를 낮추기 위하여 Inline Ion Implantation을 쓰는 불순물 주입 및 Screen Printing에 의한 전극 형성으로 만드는 공정을 개발하여야 하며, 이론적인 연구도 수반되어야 할 것이다.

「自動制御에 있어서의 Identification」

崔 涼 鎬 教授(서울대工大計測制御工學科)

시스템을 식별한다는 것(Identification)은 어떤 시스템의 입력과 출력으로부터 시스템의 수학적 모델을 얻는 것을 말한다.

시스템식별은 어떤 시스템을 제어하기 위하여 대부분의 경우 선결되어야 하는 문제이다. 최근에 발달된 제어이론을 보면 대부분 시스템이 완전히 알려져 있다고 가정하고 이론을 전개하였다.

이러한 이론을 실제로 적용하려 할 때 시스템의 수학적 모델을 시스템의 역학적 관계에서 얻으면 제일 좋으나 전혀 역학적 관계식을 세우지 못하거나 관계식

을 세우더라도 파라메타들을 실험에 의하여 얻어야 되는 경우가 많다.

식별법에서 중요한 문제는 입력과 출력에 대부분의 경우 잡음이 섞여 있는데 이러한 잡음의 영향을 어떻게 제거하는가 하는 것이다. 우리가 다루는 시스템의 종류가 많은 것처럼 식별법의 종류도 많으며 경우에 따라 적절한 식별법을 사용하여야 소기의 목적을 달성할 수 있다.

우선 시스템의 종류에 따라 구분하여 보면 선형과 비선형, 시변과 시변(Time-varying) 연속시간과 비연속시간(Discretetime), 단순입출력과 다입출력(Multiple-input Multiple-out-put) 등으로 구분할 수 있는데 이에 따라 식별법도 바뀌어진다.

입력의 종류에 따라 구분하면 입력을 임의로 정할 수 있을때와 그렇지 못할 경우, 입력을 알 수 있을 경우와 그렇지 못할 경우, 입력이 주기함수일 경우와 비주기함수일 경우로 구분할 수 있다.

시스템에 관한 사전 정보의 여하에 따라 Impulse Responsfunction을 구하여야 할 경우도 있고 혹은 몇 개의 Parameter만 구하여도 될 경우도 있다.

식별법의 이론은 통계, 최소자승평균치(Least Square Method) 안정성에 근거를 두고 전개되며 또한 입출력 Data 처리과정에서 한꺼번에 Data를 처리하느냐 또는 새로운 Data가 들어 올때마다 처리하는가에 따라 Batch-type와 Recursive-type이 있다.

또한 Data를 시간 영역에서 처리하는 방법도 있고 주파수 영역에서 처리하는 방법도 있다.

여기서 Correlation Method, Frequency Domain Technique, Maximum-Likelihood, Least Square Method, Adaptive Identification 등 대표적인 식별법에 대하여 설명한다.

「大直徑 Silicon 單結晶 성장기술에 대하여」

閔 碩 基 博士

(韓國科學技術院 반도체 材料研究室長)

1. 서 론

“실리콘(Silicon: Si)”은 오늘날 “제 2의 철” 또는 “제 2의 원유”라고 까지 불리워지는 반도체 산업의 핵심 원재료로서 트랜지스터, IC, LSI, μ -Processor, 태양전지등의 여러가지 반도체 장치(약 95% 이상)의 기능소재로 이용되는 반도체 재료이다.

여기서는 이러한 실리콘 반도체 재료기술(특히 실리콘 단결정 성장기술)의 최근의 기술 동향과 앞으로의 추세에 대하여 설명하고, 아울러 그동안 한국과학기술원(KIST) 반도체 재료연구실이 UNDP와 MOST의 자금 지원에 의해 국내에서는 처음으로 직경 3인치 및 4인치(5~15kg Charge)의 실리콘 단결정 잉고르를 성장하는데 성공하여, 이에 관한 연구결과를 보고 합니다.

2. 최근의 실리콘 반도체재료 기술 동향

실리콘 반도체 재료는 일반적으로 규석을 출발 물질로 하여 규석—금속 실리콘—3염화 실란—단결정실리콘—단결정실리콘—실리콘 웨이퍼등의 공정을 거쳐 제조되고 있는데, 이러한 공정에는 초 고순도(5N-7N) 재료정제기술, 초 정밀결정 가공기술 및 재료특성 평가기술을 필요로 하고 있다. 이 중에서도 가장 핵심이 되는 기술은 단결정 성장기술로서 이 기술의 난이도는 지난 20여년간 단결정 직경 증가추세를 보아도 잘 알 수 있다. 즉 1960년대초 불과 직경 1인치 이었던 것이 1970년대초에 2인치, 후반에 3인치에서 4인치로 증가하고 최근에는 이들 3인치 및 4인치가 주종을 이루는 단계에 이르렀다. 앞으로 1980년대 후반에는 직경 5인치가 일반화 될 것이 전망되고 있다.

이러한 실리콘 단결정의 대직경화와 아울러 각종 결정 결함이 거의 없는 무결함결정(특히 Swirl Defect 등의 미세결정결함) 즉 완전 결정을 성장시키려는 노력이 경주되고 있다. 현재 각종 반도체장치에 이용되는 실리콘 단결정 웨이퍼의 결정 결함 밀도(Dislocation Etchpit)는 보통 500이하/cm²의 것이 시판되고 있지만, 여기에는 많은 미세결정 결함이 내포되어 있다. 최근 고밀도 집적도는(10⁸Functions/Chips)를 갖는 반도체장치를 제조하는 경우 이들 미세결정 구조가 Device 특성과 수율 및 신뢰도에 많은 영향을 준다는 사실들이 알려지므로써 앞으로는 Swirl Free한 실리콘 단결정을 성장시켜야만 한다는 주장들이 이 분야의 Hc Issue로 대두되고 있다.

현재 상업적으로 실용화된 대직경 실리콘 단결정 성장 방법으로는 용융인상법으로 알려진 Czochralski법(CZ법)과 부유 대역법으로 알려진 Float Zone법(FZ법)이 있는데, 전자가 약 80% 후자가 약 20%의 시장 점유율을 나타내고 있다. CZ법은 대직경 성장이 용이한 반면에 성장 결정내에 산소나 탄소등의 불순물 함유량이 많은 것이 단점으로 되어있고 FZ법은 대직경 결정 성장이 어려운 반면 결정내에 산소, 탄소등의 불순물 함유량이 적은 잇점이 있다.

한편 응용면에서 살펴보면 CZ실리콘 웨이퍼가 각-

트랜지스터, IC, LSI, μ -processor, (Bipolar, MOS 포함)에 이용되는 반면에 FZ 실리콘 웨이퍼는 Power Device용의 극히 제한된 개별 반도체장치에만 이용되고 있다.

3. 파기원에서의 대직경 실리콘 단결정성장

1) 결정성장

CZ법에 의하여 거의 Defect Free(결정 결함 밀도 100개/cm² 이하)하고 Low Oxygen, Carbon Content (O₂=5-6×10¹⁷ atoms/cm³, C=4×10¹⁷ atoms/cm³) 갖는 직경 3~4인치(5~15kg)의 실리콘 단결정을 성장하는데 성공하였다. 성장된 결정방향은 (111)과 (100)이었고 non-doped 단결정 이었다. 결정 성장 장치는 Graphite Resistance Heater를 사용했고 Chamber 내부는 Low Pressure(20Torr)의 Ar gas 분위기를 유지하였다.

IR Detector로 결정의 직경을 측정하고 이에 의하여 인상속도와 용융액의 온도가 조절되어 결정직경을 일정하게 유지시킬 수 있는 자동 직경제어 장치를 사용하였다.

단결정 성장은 Neck, Shoulder Body, Tail 단계로 구분해서 성장시켰고, 인상속도 2~4IPH였다. Neck

단계에서 직경 1/8 인치, 인상속도 8~10IPH로 1인치 이상의 길이로 성장함으로써 Dislocation Free한 단결정을 얻을 수 있었다. Fast Shoulder 방법으로 Flat한 Shoulder를 얻도록 하였다. Seed에서 Tail 부분까지 Growth Line에 따른 Facet Growth Width가 1/2" 이 하였다.

2) 전기적 및 물리적 특성

CZ법에 의해 성장된 실리콘 단결정에 대한 전기적, 물리적 특성을 결정 성장축과 직경방향에 따라 조사하였다. 전기적 특성은 비저항, Hall Effect, Spreading Resistance 등을 측정하였고 결정 결함밀도는 Preferential Etch에 의해 측정하였다.

결정 성장축 방향에 따른 비저항은 Seed 근방에서 10ohm-cm이었고 Tail쪽으로 가면서 30ohm-cm로 증가 하였다. 직경방향에 따른 비저항은 Seed쪽에서는 중심부분 보다 가장자리가 크고 Tail으로 갈수록 균일해 졌다. 산소농도는 Seed쪽에서 6.6×10¹⁷atoms/cm³ 이었고 Tail쪽은 5.2×10¹⁷atoms/cm³으로 감소하였다. 탄소농도는 3.8×10¹⁷-4.5×10¹⁷atoms/cm³였다. 결정 결함 밀도는 전 결정에 걸쳐 100개/cm²이하를 나타내어 거의 Defect Free한 실리콘 단결정을 성장시키는데 성공하였다.

「電 氣 發 達 史」

禹 亨 曠 教授(서울大 工大 名譽教授)

電 氣 史 年 代 表

現 象	年 代	人 名	備 考
磁石 占用 Spoon	BC 1000	周 代	
磁氣 및 摩擦 電氣	BC 600	Thales	(BC 640~546)
指 南 車	BC 4世紀	漢 代	BC 475
磁氣 感 度	"	Sokrates	(BC 470~399)
瞻 星 臺	AD 647	新 羅	
羅 針 盤	1100	中 國, 新 羅	航 海
"	1200	子 라 파	"
金 屬 活 字	1232	高 麗	
해 時 計	1434	世 宗 大 王	
測 雨 器	1442	世 宗 大 王	
물 時 計	1536		
宗 教 改 革	1517	마 아 틴 루 더 (독)	
거 북	1592	이 순 신	
磁石論 地磁氣, 電氣 (Electricity)	1600	W. Gilbert(영)	

現 象	年 代	人 名	備 考
熱 電 器	1650(?)	O. Guericke(독)	
萬 有 人 力	1665	I. Newton(영)	
電 氣 傳 導	1729	S. Gray(영)	
正 負 電 荷	1733	Du Fay(불)	
Lyden	1745	Musschenbrock(화)	
靜 電 誘 導 器	1753	J. Canton(영)	
雷 의 研 究	1747	B. Franklin(미)	
Condenser	1775	V. Volta(이)	
Coulomb 의 法 則	1785	C. Coulomb(불)	
動物電氣電流(Galvanism)	1786	L. Galvani(이)	
Volta 電 池	1799	A. Volta	
電 氣 分 解	1800	A. Volta	
Arc 灯 (電 氣)	1802	H. Davy(영)	1887(宮中點火)
電 流 의 磁 氣 作 用	1820	H.C. Oersted(덴)	
電 流 와 磁 界 理 論	1822	J.B. Biot F.Savart(불)	
Ohm의 法 則	1827	A.M. Ampere(불)	
自 己 誘 導, 電 磁 石	1830	G.S. Ohm(독)	
電 磁 誘 導	1831	J. Henry(미)	
發 電 機	1835	M. Faraday(영)	1831(天主教 教區)
有 線 通 信	1837	Clark(영)	
Joule의 法 則	1840	Morse(영)	1883 烽火制메지 1884 郵政局 1888 서울—부산
石 油 灯	1853	Joule(영)	
電 磁 界 理 論	1855~1864	J.C. Maxaell(영)	1864~1873 大院君
電 磁 氣 學	1873	"	
電 話	1876	Bell & Gray(미)	1886 宮中 1902 市民
白 熱 電 球	1879	Edison(미)	1898 漢城電氣 1900. 4. 10 鍾路點灯
電 車	"	Siemens	1899. 5. 17 西大門—洪陵
電 氣 單 位	1881	Pari 電氣會議	
水 力 發 電 (1馬力)	1881		1905 雲山 600KW
電 氣 機 械 理 論	1882~1884	Hopkins	
變 壓 器	1885	W H Co.	
交 流 發 電 所	1886	W H Co.	
電 氣 鐵 道	1887		
電 磁 波 實 證	1888	Hertz(독)	
誘 導 電 動 機	1888	Ferraris(독)	
三 相 變 壓 器	1889		
三 相 交 流 送 電	1890		
無 線 通 信 管	1895	Marconi(이)	1910 月尾島—판계호
Brown	1897		
相 對 性 論	1905	Einstein	
三 極 管	1905	De Forest	
W 一 電 球	1910	Coolidge	1910. 8 亡國 1919. 3. 1 運動
第 1 次 世 界 大 戰	1914~1918		

現 象	年 代	人 名	備 考
Radio 放 送	1920	미 국 · 영 국	1927 KBS
螢 光 燈	1935	Inman	1955 國產
T V	1937	BBC(영)	1956 RCA 1961 KBS
Ladar	1942	영 국	
電 子 計 算 器	1945	Pensilbania大	1960 導入
T R	1948~1950	Schockley, Bardeen, Brattain	
Colour T V	1952	CBS	1981
原 子 發 電	1956.5	영 국	1978. 7
Laser	1960		
光 通 信 道			
磁 氣 浮 上 鐵 道			

韓 國 電 氣 機 器 開 發 年 代 表 (抄 案)

年 代	種 目	責 任	會 社
1883	해저 Cable		
1884	郵政局開局		
1885	有線電信開通		
1899	電 車		
1900	電燈點火		
1910	無線電信開設		
1946	電氣通信學會		
1947	電氣學會		
1954	대형(高壓450HP)電動機		利 川 電 氣
1956	TV放送(HLKZ)		
1958	螢光燈	池 哲 根	新 光
1959	原子力研究所		
1962	自動式電流交換機	朴 尙 善	O P C
1963	권철십변압기	최 대 현	韓 電 · 國 際
1965	昇壓(220/380V)開始	吳 昌 錫	韓 電 線
"	同軸 Cable生產	유 체 준	大 韓 電 線
"	黑白 TV		金 星 社
1967	電力 Condenser	吳 東 善	三 和 社
"	B용高壓電動機	鮮 于 學 永	한 영
1969	154KV급 變壓器	鮮 于 學 永	한 영
"	CV (30KV) Cable	朴 元 根	金 星 電 線
"	農漁村電話開始		韓 電 築
1973	電子開閉器	심 윤 수	新 築
1974	電子時計		
"	電鐵(中央線)	金 載 謹	鐵 道 廳
"	地下鐵	徐 仁 源	서 울 市
1976	345KV送電	이 종 권	韓 宇 電
1977	電鐵用電動車	金 載 鎬	大 宇 電
1978	古里原子力研究所	高 重 明	韓 宇 電

年 代	種 目	責 任	會 社
"	漏電遮斷器	윤 봉 순	金 星 計 電
"	OF (154KV) Cable	程 壽 根	大 韓 電 線
"	高壓(22KV)碍子	육 태 승	新 韓 電 機
1979	揚水發電		韓 電 電
"	超高壓變壓器(345KV)	김 중 환	曉 星
"	전자현미경	이 중 설	I S I
"	VTR		三 星 電 子
"	超高壓 GIS	박 경 섭	

※ 本發表는 현시점에서 과거를 알고 앞으로 보어나온 발전을 위해 발표한 것입니다. 本稿는 짧은 시일내에 收集한 資料로서 未備한 점이 많지만 會員여러분의 보다 精確한 資料를 얻고자 發表하였으니 諒知하시기 바랍니다. 특히 電子分野에 關해 많은 資料를 부탁드립니다.

會 員 動 靜

池 珠 賢 (評議員 · 現代重電機株式會社社長) 氏는 業務次 外國出張 後 5月 8日 귀국

金 勳 (評議員 · 現代重電機專務理事) 氏는 技術業務次 外國出張 後 5月 22日 귀국

奇 宇 奉 (現代重電機 常務理事) 氏는 技術業務次 外國出張 後 5月 22日 귀국

禹 亨 疇 (終身評議員 · 서울大 名譽教授) 氏는 日本 電氣學會 招請으로 高電壓技術 研究會에 參席 (5. 8~5.16) 하고 귀국

鮮宇學永 (財務理事 · 東一電機企業 代表) 氏는 業務次 日本 訪門 (5.14~5.25)

高 炳 允 氏는 中央大學校에서 濟州農高로 옮김
姜 敬 保 氏는 中央大學校에서 濟州實專으로 옮김

金 正 勳 氏는 서울大學校에서 弘益工大로 옮김

羅 正 雄 (編修理事) 氏는 第14回 科學의 달 紀念式에서 國民褒章을 받음

李 東 仁 氏는 嶺南大學校 工大學長 補로 승진

吳 明 氏는 遞信部 次官으로 昇進

梁 興 錫 (前會長) 氏는 서울大 工大 電氣科 同門會 會長으로 피선

金 俊 鉉 氏는 電力系統研究會 幹事長으로 피선

尹 甲 求 氏는 " 幹事로 피선

朴 相 疇 氏는 計測制御 研究會 幹事長으로 피선

朴 旻 鎬 (會長) 氏는 支部活動 總會參席 및 夏季세미나 業務協議次 釜山, 蔚山, 浦項 大邱 出張後 귀경

徐 國 哲 (總務理事) 氏는 放電 · 高電壓工學研究會 幹事長으로 피선

權 炳 徽 氏는 放電 · 高電壓 工學研究會 幹事로 피선

李 原 昇 氏는 金星電線 技術開發部에서 技術연구소(안양) 부장으로 전보

金 銓 九 氏는 金星電線 구미공장장에서 技術연구소(안양) 소장으로 전보