

## 表面研究の系譜

菊池 誠

お茶を入れる、丸い筒の形をした缶がある。この筒に、テープを斜めに巻きつけると、らせん状になって、床屋のマークのようなものが出来上る。

私は、半導体の研究の歴史をふり返ると、いつもこんな形のモデルが頭に浮んで来る。どうしてかと言うと、研究が進むと、話がもとのところにもどって来るからである。もどると言っても、全く同じ場所にもどるのではなくて、一まわりした分だけ高い位置になっている。らせんモデルの妙味がそこにある。

テープを巻いた茶筒に、中心線に平行にマジックインキで一本線を引くと、テープとの交点が何個かできる。このマジックインキの線が『表面の研究』だと思っている。

誰でも知っているように、Shockley が、結晶増巾器を夢みて次々に考案した実験は、どれもがみじめな失敗に終わった。この失敗について考え直してみようと話し合ったとき、

『表面の理解が不十分なまま進もうとするから無理なのではないか？』

と提案したのが Bardeen であった。そして Bardeen は自分で“surface states”という概念を導入して、これまでの実験の失敗と、矛盾とを説明してみせた。この論文が Physical Review 71, p. 717 (1947) に残っている。私は Bardeen に、「7」という数字は貴方にとって lucky number ですねと言ったことがある。

この表面研究第一期が、Brattain の実験で「増巾」の発見に進む。

次が、トランジスタの劣化によってひき起される第二期である。真空管と違って、消耗する部分がないトランジスタが、驚いたことに次々に劣化を示すことが判った。

『トランジスタ信頼性研究』は、研究所の重要課題になった。成長型トランジスタで、M. I. T. の McWhorter 達が、ベース領域の表面に反転層が生じ、それがコレクタとエミッタの間の“筒抜け”効果を引き起していることを見出し、結晶表面での酸化膜の存在が決定的役割を果していることが判明する。

Surface state に、fast と slow の二種類あることが疑い得ないものになった。そして、slow state は、酸化膜の中か、半導体との境面にあること、slow と fast との間に、トンネル効果による電子のやりとりがあることが確かめられた。

ここから、酸化膜の characterization を中心とする第三期に入る。ここで活躍したのが Noyce 達であった。Bell 研究所ほど金がないので、『清浄な酸化膜』の実験はできないから、でき上がったトランジスタに熱処理をして酸化膜を作った。これが偶然に隣の作用を見出すキッカケを作った。この仕事が『planar トランジスタ』の花を咲かせた訳である。

第N期が、量子効果の導入であった。

表面の研究は、半導体研究のアルファでありオメガである。私は今でもそう思っている。第(N+1)期の主題は再び超清浄面への回帰であろうか？