

アルミニウムの表面制御による機能化について

昭和アルミニウム(株) 加藤 豊・磯山永三

1. はじめに

高度成長時代から低成長時代に突入したと同時に、昨年来からさらに不況感が強まった様に思われる。特にアルミニウム産業は、エネルギーコストの面から製錬業が、またそれとともに圧延業・加工業も経済界の不況の波を受け、苦難に直面しているのが実情である。

以上の様な状況において、“何か新しいものを創造せねば…!!”というあせりを肌身に感じ、それが「先端技術」とか「技術革新」等の言葉として毎日の様に我々の耳や目に飛び込んできているのであろう。

アルミニウムの表面処理分野においても、高付加価値化を追求するために機能表面処理複合化技術等の考え方や、さらに表面機能化を進めるに当り、X-、Y-、Z-…軸に表面加工軸、機能軸、材料軸、形態軸等を与え、この様なマトリックスから新しい表面設計への道を拓こうとする提案もなされている。¹⁾

著者らは、アルミニウム表面層の接着性機能を検討する中で、表面物性と表面構造との関係を追究してきた。この基礎研究において得た表面層制御の考え方が一つのキーテクノロジーとして超高真空特性を有した材料表面の設計等、新機能開拓へとつながりつつある。

2. 従来の表面処理技術からの脱却

防食、装飾を目的とした従来の表面処理技術は、ほぼ成熟期に到達したと考えられる。したがって今後の技術指向は図1に示す様に、省資源、省エネルギー化、高性能化および新機能化にあり、マーケットニーズに合致した高付加価値技術の開発が重要である。そのためには表面機能そのものを解析すること、そしてその様な機能を有する表面層の組成、構造、形態等を徹底的に調べ上げることにより、両者の関係を科学的に追究する、いわゆる表面技術の考え方が必要である。

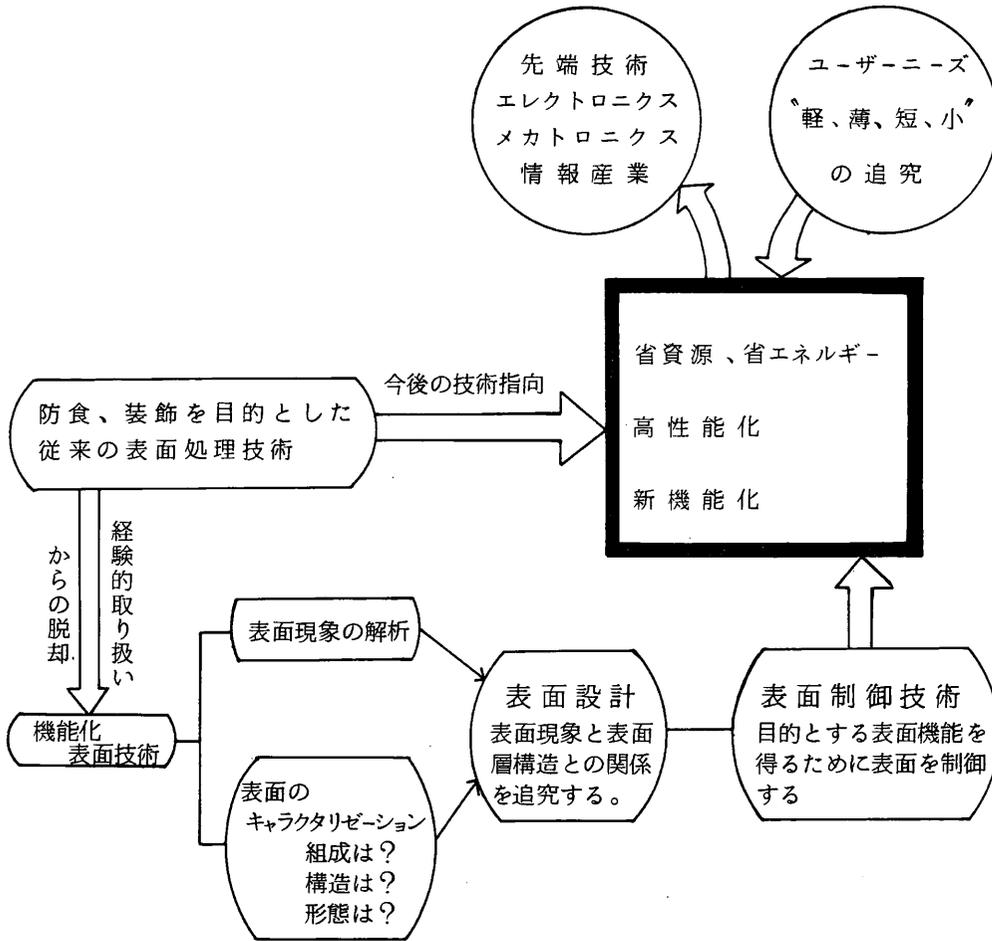
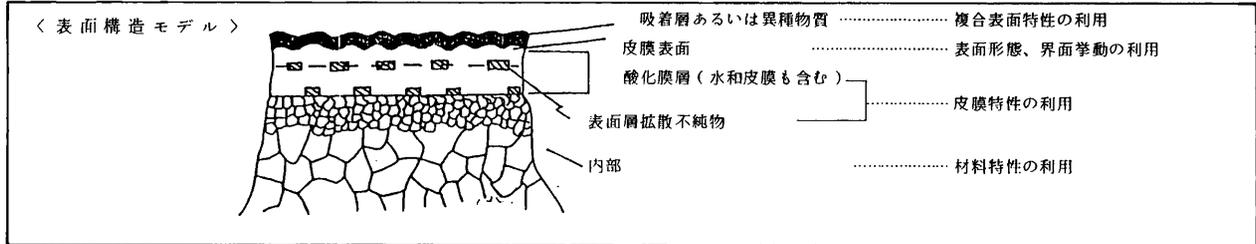
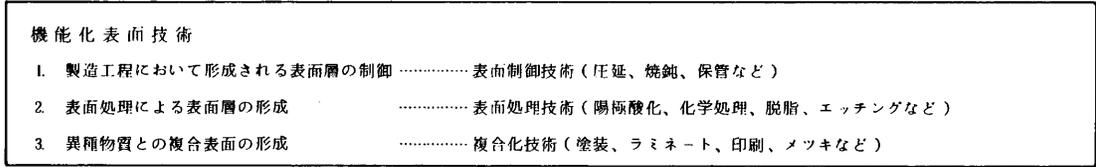


図1. 従来の表面処理技術からの脱却を旨として

3. アルミニウム表面の機能化

アルミニウム表面の機能化に関する考え方を表面層構造との関連でまとめたものを図2に示す。すなわち機能賦与には次に示す3つの代表的な技術が考えられる。

- (1) 製造、加工、輸送、保管工程等において自然に形成される材料内部とは性質の大きく異なる表面層を制御する表面制御技術
- (2) 陽極酸化あるいは化成処理等により積極的に表面層を形成する表面処理技術



〈役割、機能〉

1. 表面浄化	2. 外観効果	3. 化学的機能賦与向上効果	4. 物理的機能賦与向上効果
<ul style="list-style-type: none"> ○ 外観改善（汚染、疵など） ○ 内容物への汚染防止 ○ 表面処理、溶接接合などの前処理 ○ その他 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 着色 ○ 光輝化、光沢 ○ 艶消（マット） ○ 模様づけ、文字づけ ○ その他 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 耐食性、耐薬品性の向上 ○ 耐候性、耐光性の向上 ○ 塗装、インキなどの吸着性の向上 ○ 外観の維持 ○ 製品機能の維持 ○ 内容物汚染の防止 ○ その他 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 表面硬さ、耐摩性、耐衝撃性の向上 ○ 電気絶縁性、耐電圧機能賦与 ○ 導電性向上 ○ 磁性賦与 ○ 熱反射、熱吸収向上 ○ 光反射向上 ○ 真空特性向上 ○ 親水性、撥水性機能賦与 ○ 接着性向上 ○ 離型性向上など

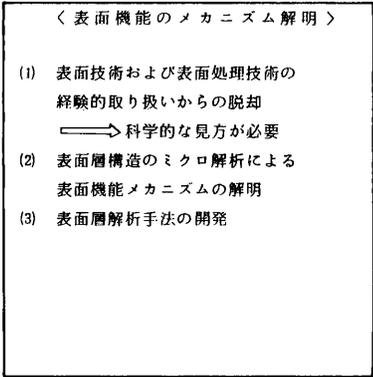


図2 アルミニウムの表面構造とその機能化に関する基本的考え方

(3) 塗装, ラミネート, メッキ等により異種物質との複合表面を形成する複合化技術

通常のアルミニウム表面には酸化膜, 水分, 油分および表面に拡散した微量不純物等が存在していると考えられ, この様な複雑な表面層が種々の表面機能, 例えば接着特性, 真空特性, エッチング特性等を左右するのである。またこれらの表面機能のメカニズムについては, 基礎的なアプローチをしてゆかねばならないにもかかわらず, 「表面を解析する」ことの困難さから科学的な展開がなされることは少ない。しかしながら, 近年著しく進歩した電子分光技術, 超高真空技術, 情報処理技術が最新の表面解析手法と結びついて表面の組成, 構造および形態等, 表面をキャラクターゼーションすることがかなり可能となってきている。²⁾

ここでは先に示した表面機能化の考え方に基づいて著者らが検討してきたアルミニウム表面の接着特性の研究例について述べるとともに, その表面層制御の考え方から生まれた超高真空表面についてもふれることにする。

3-1. 表面酸化膜の接着特性

アルミニウム材, 中でもアルミニウム箔においては塗装, ラミネート, 印刷等の表面加工を行って利用されることが多く, 高分子物質との接着特性は箔の重要な表面機能の一つである。

焼鈍等で生成する高温酸化皮膜の生長を加熱雰囲気を変えて測定した結果を図3に, また高

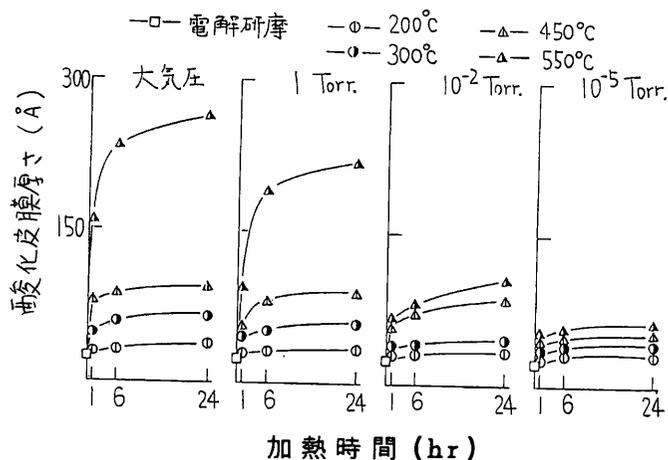


図3. 加熱処理に伴う酸化皮膜の生長

温酸化皮膜の生長に伴う接着性の変化を図4に示す。酸化膜の生長に伴って接着性が低下するのは, 写真1に示す様に, はく離時の破壊場所が変化することから推察することができる。³⁾⁴⁾ 一方, 高湿度環境下で生長するであろうと考えられる水和酸化皮膜の接着性について検討した結果を図5に示す。水和初期において一時的に接着性が低下する期間が存在し, その期間は水和処理温度が低い程長くなるという特徴的な変化が認められる。

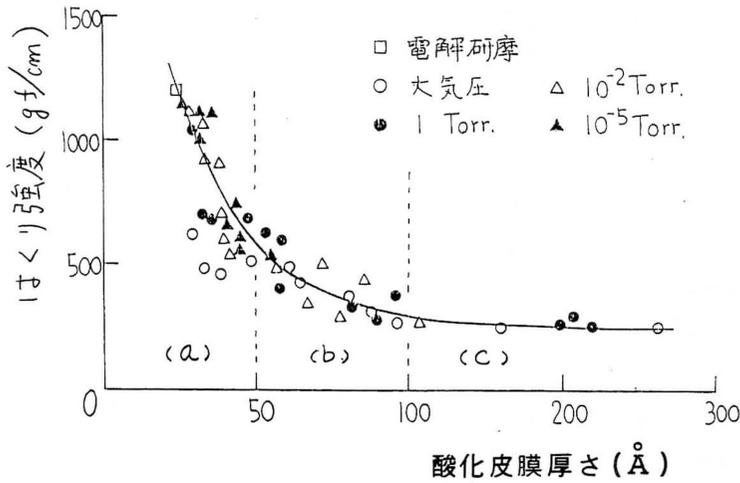


図4 酸化皮膜厚さに対するアルミニウムとポリエチレンとのはく離強度の変化

また水和に伴いはく離時の破壊場所が変化するのが写真2よりわかる。⁵⁾ 以上のことから、高温酸化皮膜あるいは水和酸化皮膜はその生長過程においてWBL (Weak Boundary Layer) を形成し、⁶⁾⁷⁾ これが接着性の低下につながるかと推察される。したがって表面にWBLを形成させない表面酸化皮膜の制御技術の確立が良好な接着性を得るために重要であることがわかる。

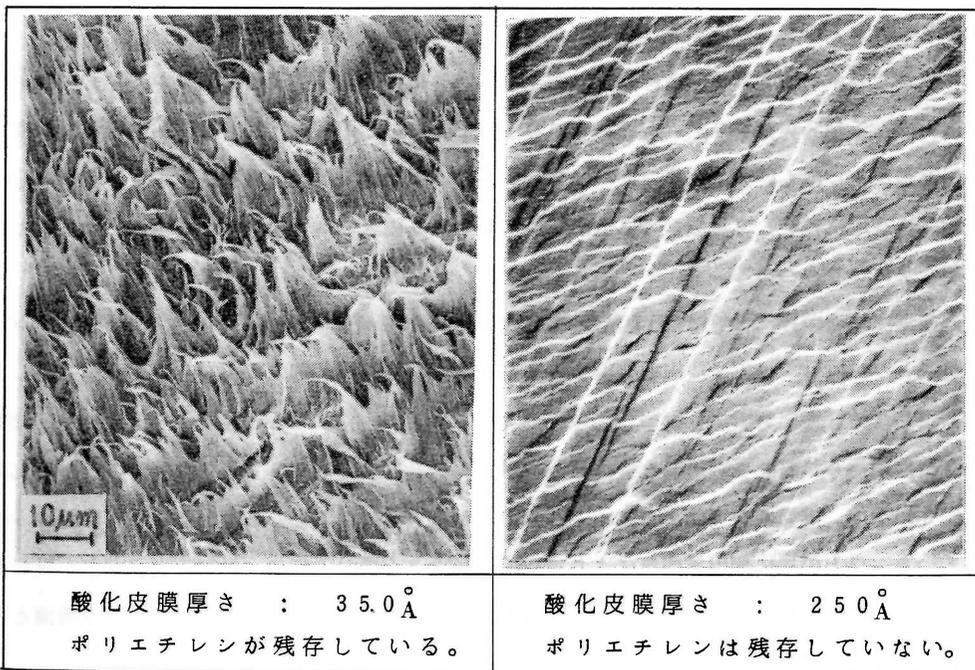


写真1. ポリエチレンはく離後のアルミニウムの表面形態

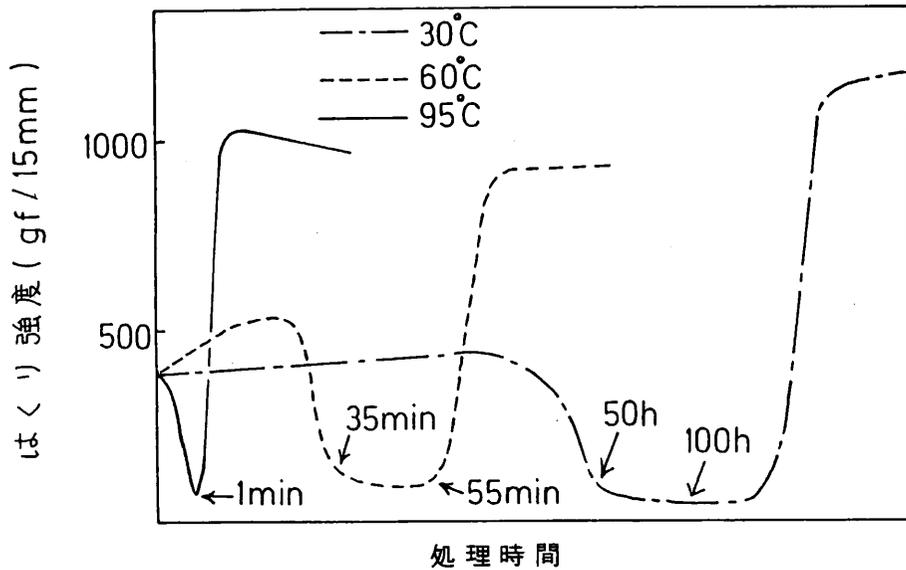


図5 水和処理時間に対するアルミニウムとポリエチレンのはくり強度の変化

3-2. アルミニウム材の真空特性

高エネルギー物理学研究所に設置計画されている超大型粒子加速器にはアルミニウム合金押出材による超高真空システムが導入される予定である。その理由としては、(1)熱伝導性が良く局部歪が生じにくい。(2)軽量でかつ加工性が良い。(3)誘導放射能の減衰が極めて早い等の他に、超高真空用材料として重要なガス放出特性においても従来のステンレスより優れていることが明らかになりつつある。⁸⁾⁹⁾

通常工程での押出材では、 H_2 ガスによる放電洗浄や長時間の加熱脱ガスにより初めて 4×10^{-12} Torr. $\ell/s \cdot cm^2$ のガス放出率が得られるのに対し、表面層制御の考え方から大気を遮断して押出した特殊押出材では、簡単な加熱脱ガスのみにより $\sim 10^{-13}$ Torr. $\ell/s \cdot cm^2$ の極めて良好な真空特性が得られる。さらに特殊押出材を加熱脱ガスした場合のオリフィス両側での圧力変化を図6に示す。排気ポンプ側よりチャンバ側の方が高真空になるという興味ある現象が認められている。以上の様に押出雰囲気により真空特性が大きく異なるのは、材料の表面構造が異なるためであると推察され、今後はミクロ的な表面解析を通してガス放出特性や選択排気機構との関係を解明する必要がある。

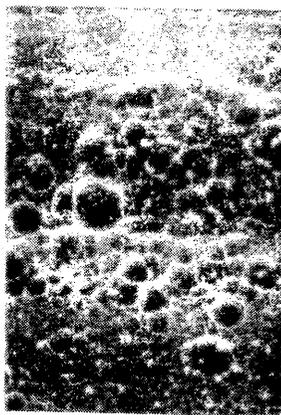
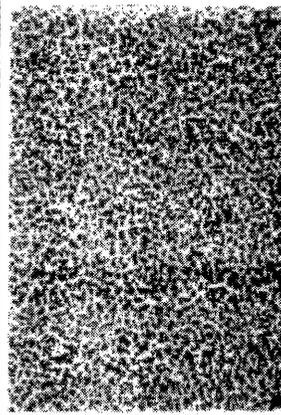
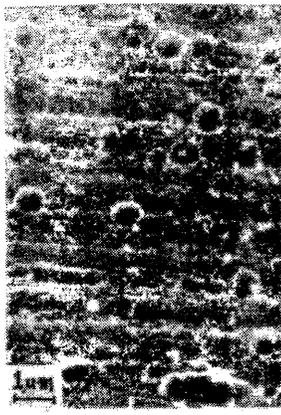
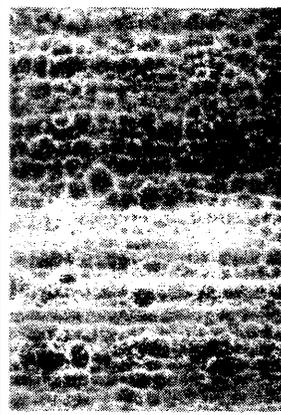
ポリエチレン 接着前			
ポリエチレンは くり後			
	60°C×10分 はく離強度がほとんど変化しない期間 水和皮膜はほとんど生成していない。	60°C×40分 はく離強度が一時的に低下する期間 はく離後には水和皮膜はアルミニウム表面から離脱している。	60°C×600分 はく離強度が大きくなる期間 はく離後には水和皮膜上にポリエチレンが残存している。

写真 2. ポリエチレン接着前およびはく離後のアルミニウムの表面形態

また、以上に示した研究は、アルミニウム合金による他の超高真空装置への適用にもつながるものと思われる。¹⁰⁾ たとえば、半導体製造装置を例に上げれば、その要求性能(高純度化, 超精密加工, 表面改質, 超高速化等)を満足させるためには、スパッタ, 蒸着, イオン注入, MBE 等の表面処理技術の発展に負うところが大きく、真空技術が果たす役割は非常に大きい。¹¹⁾ 特に発光素子やマイクロ波領域に使用出来, 高速化が可能と期待される化合物半導体の表面制御の重要性から超高真空中での基礎研究が活発に行われている。^{12) 13)}

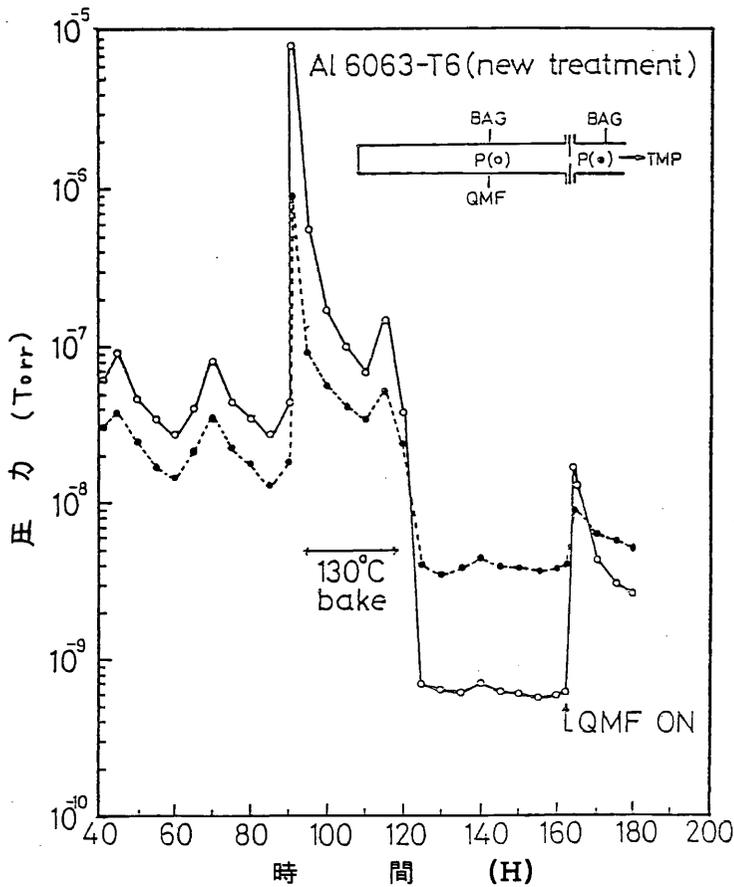


図2 加熱脱ガス処理に伴う圧力変化 (130°C×24時間)

4. おわりに

以上述べてきた様に、目的とする表面機能を得るためにはどのような表面にすべきか(表面設計技術)、またその様な表面を得るためにはどのような技術が必要か(表面制御技術)を研究し、それらのソフト技術を蓄積することが重要である。そのためには、最新の表面解析手法を有機的に駆使し、表面機能そのものおよびその表面組成、構造、形態等を徹底的に調べ上げることが必要である。そして今まで経験的に取り扱ってきた“表面という微小、微量の世界”をよりマイクロに解析し、表面現象を科学的に理解することにより、新しい機能が発見できるものと確信するのである。

以上の様に、電子工業等の先端技術分野でも真空技術の果たす役割は非常に大きく、アルミニウム合金による超高真空システムは、アルミニウムの特性を生かす新分野として期待される。

参 考 文 献

- 1) 村川：金属，53，（1983），8.
- 2) 例えば 二瓶：分光研究，31，（1982）41.
- 3) 阿部，内山，磯山，村川：軽金属，22，（1972），182.
- 4) 阿部，内山，長谷川，磯山，竹中：第49回軽金属学会講演概要，P81，（1975）.
- 5) 内山，磯山，竹中，加藤：軽金属学会に投稿中.
- 6) J. J. Bikeman：J. Appl. Chem， 11, Part 3，（1961），81.
- 7) H. Schonhorn：Polymer Letters， 2，（1964），465.
- 8) 塚本，加藤，磯山，新井，成島，石丸：第62回軽金属学会講演概要，P169，（1982）
P169，（1982）.
- 9) 石丸，堀越，蓑田，入沢，：真空，22，（1979），373.
- 10) 石丸：軽金属，33，（1983），103.
- 11) 日刊工業新聞3月14日，（1983）.
- 12) 安部，福田：応用物理，50，（1981），872.
- 13) 平木：応用物理，51，（1982），118.