

## プラズマディスプレイパネルのリサイクル方法の開発

報告者 総合理工学研究科エレクトロニクス系工学専攻  
教授 中山斌義  
共同研究者 総合理工学研究科エレクトロニクス系工学専攻  
博士後期課程 1 年 川合恵慈  
博士前期課程 2 年 川柄徹生  
株式会社松下商会 社長 松下幸雄  
株式会社西淀製作所 社長 桂 堅一

### 1. 背景

プラズマディスプレイパネルは表示画面に使用されるガラス基板からなるパネル本体と、これより発する熱を効率よく放熱する金属板を強粘着シートで合わせた構造となっている。本研究の目的は粘着シートの粘着力を低下させることにより、ガラスを破損することなく金属から剥離し、資源の再利用を目指すものであった。しかし、この研究の間にレーザー照射により粘着テープの接着力が増強することを発見した。そのため剥離のみならず、接着力増強についても検討することとした。接着力の増強は製品への超強力両面粘着シートの使用量の減少が期待できる。又このため、製品の廃棄をする際、処理面積の減少となり処理時間短縮が期待できる。

ここでは以下に、主として接着力増強的を絞って報告することとする。

粘着剤とは、常態下でわずかな圧力を加えるだけで接着が可能な材料のことである。粘着剤は単体で使用されることは稀であり、支持体と呼ばれるものに塗布して製品化されている<sup>(1)</sup>。不織布やアクリルフォームなどをシート状にしたものに粘着剤を塗布したものが粘着シートである。粘着シートはエレクトロニクス製品に広く用いられており、信頼性の高い接着方法である。事実、釘やネジにも引けを取らない接着力を有した粘着シートが製品化され、市場に出回っている。

一般に、アクリル系粘着剤の剥離・保持力といった特性は異種ポリマーとのブレンド、分子量やその分布、極性モノマーとの共重合、架橋等によって制御されている。しかし、これらの特性は結合過程と解結合過程によって左右されるため、その解明はなされていないのが現状である。

紫外線による硬化技術は、すでにペイントや接着の分野でも盛んに研究がなされている。この硬化技術はアクリル系粘着剤の PSA（感圧接着剤）特性の制御に対し、有効であるという報告もされている<sup>(2)</sup>。しかし、紫外線を透過する材料は稀なことから、可視域の光で同等もしくはそれ以上の効果を得ることが望ましい。

本研究では、光を通す被着体からアクリル系粘着シートにレーザーを照射し、未照射試料

と照射試料での引張せん断に対する接着強度を比較・検討した。

## 2. 目的

本研究の目的はレーザー照射により粘着シートの粘着力を低下させる方法を検討し、ガラスを破損することなく金属から剥離し、資源の再利用を目指すものであった。しかし前述のように、この研究の間にレーザー照射により粘着テープの接着力が増強することを発見したため、剥離方法の研究と共に接着力増強についても調べることを目的とした。

## 3. 研究組織

研究組織は以下の通りである

実験および検討 川柄 徹生、川合 恵慈、中山 斌義

試料の提供と検討 松下 幸雄、桂 堅一

## 4. 研究方法

粘着シートのレーザー照射効果を調べるために図1の様な試料を作成した。これは 100×25mm のアルミニウムに錘をひっかけるための切り込みをいれ、76×26mm の石英ガラスを 10×10mm の粘着シートで接着したものである。

この試料にガラス面を通して、YAG レーザー(2倍波:波長 532nm、照射エネルギー12mJ、繰り返し周波数 4pps、パルス幅 6ns)を、照射時間を変えて照射した。レーザー照射後試料を 24 時間放置し、引張りせん断試験を行った。アルミ板につくった切り込みに、錘(1.4kg 重=13.7N)を吊り下げ、試料が剥がれ落ちるまでの時間を計測した。このときの実験構成を図2に示す。

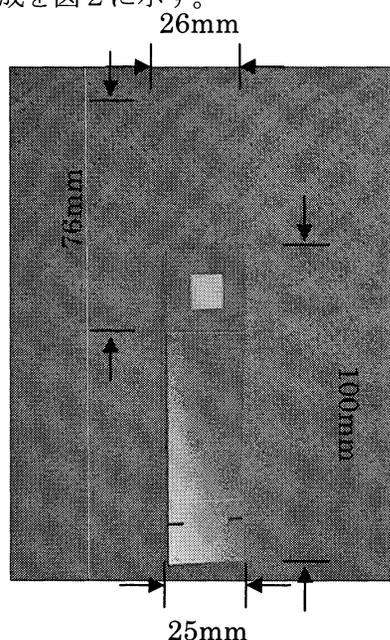


図1 引張りせん断用試料

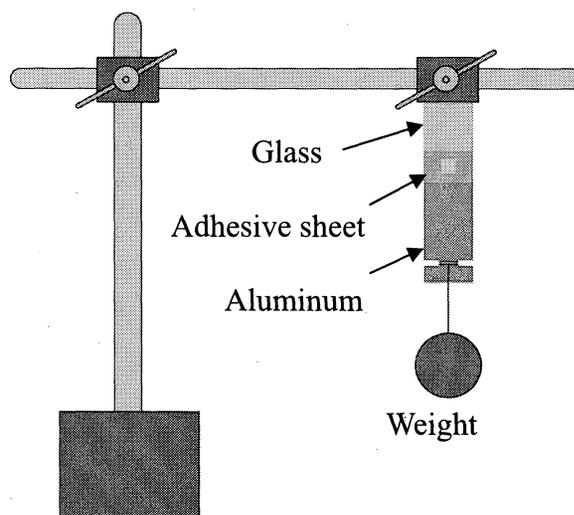


図2 粘着シートの引張りせん断実験

また、紫外レーザー照射と可視光レーザー照射が粘着シートにどのような影響を及ぼすかを調べた。使用した紫外レーザーは ArF エキシマレーザー（波長 193nm、照射エネルギー 12mJ、繰り返し周波数 10pps、パルス幅 15ns）である。

## 5. 研究成果

図 1 に示した試料の石英ガラス面側に、Nd:YAG レーザーを照射し、24 時間室温で放置した後に引張せん断を行ったときの測定結果を図 3 に示す。横軸はレーザー照射時間(秒) 縦軸は剥離に要した時間(分)を示している。

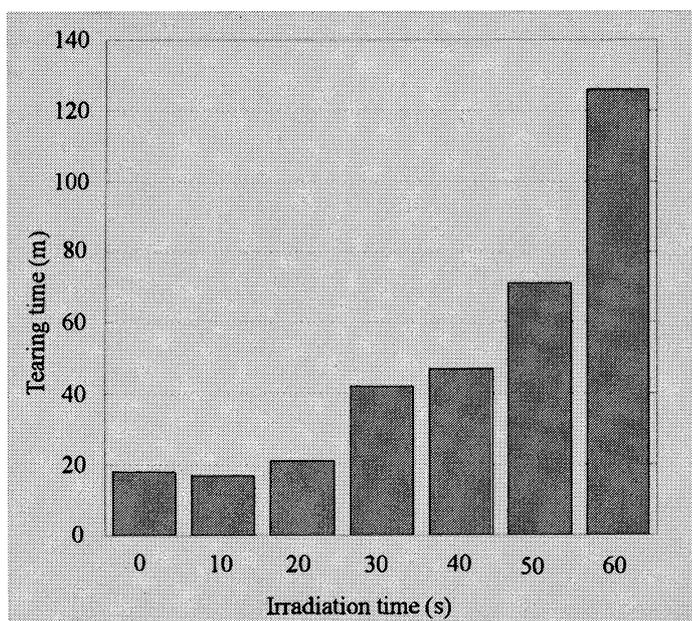


図 3 YAG レーザー 2 倍波の照射時間(秒)と剥離に要した時間(分)の関係。レーザー強度は 12mJ、繰り返し周波数は 4pps。

試料へのレーザー照射時間の増加に伴い、引張せん断による剥離に要する時間も長くなった。特に、60 秒レーザーを照射した試料に至っては未照射の試料と比べ、約 6 倍も剥離に要する時間が長かった。すなわち、接着強度が増加していることがわかる。

このような結果となった原因の一つに投錨効果（被着体表面の凹凸や穴の中に接着・粘着剤が進入し硬化することにより機械的に引っかかり結合力が発生する）の誘発が考えられる。粘着シートを指圧程度の圧力で被着体に圧着させるとき、微視的には無数の隙間が粘着シート—被着体の界面に存在する。この隙間にレーザー照射によって流動性の増した粘着剤が流れ込んで埋まり、硬化することによって、投錨効果が得られたと考えられる。

また、可視レーザーを試料に照射しながら引張せん断を行ったとき、レーザー未照射の試料よりも可視レーザーを照射しながら引張せん断を行った試料のほうが早く剥離に至る（約 1/5 程度の時間）という結果になった。これは、レーザー照射中は粘着シートの接着力

が低下していることを示唆している。このことから、レーザー照射中の粘着シートは粘着剤の流動性が増していると予想される。また、レーザー照射から時間を置いた（24 時間放置）試料は、レーザー照射中に流動性が増し、被着体—粘着シート界面の隙間を埋め、投錨効果が増したことによって引張せん断による剥離時間が長くなったと予想される。

ArF エキシマレーザーと YAG レーザーを照射して、その効果がどのように異なるのかを調べた。レーザー未照射、15 分照射、30 分照射、45 分照射、60 分照射した試料の引張りせん断時の粘着シートの剥離直前の写真示したものが図 4 である。

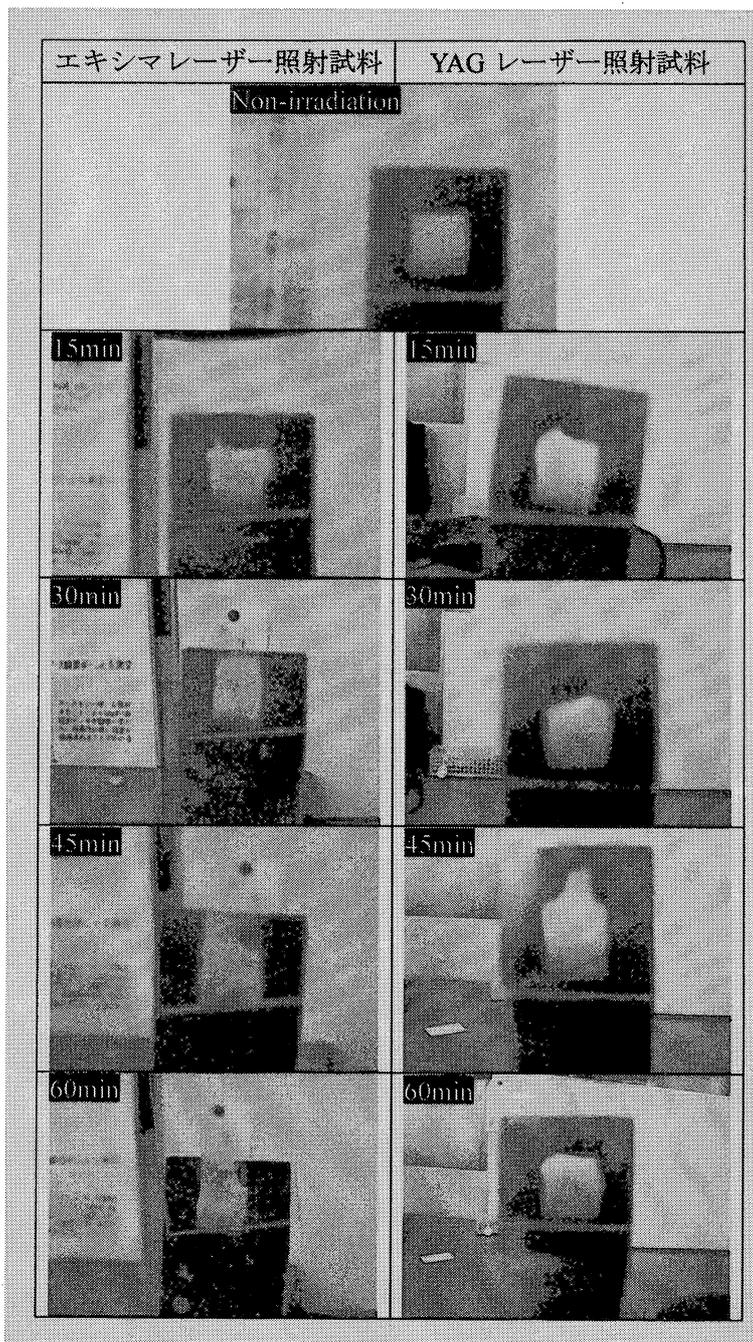


図 4 レーザー照射粘着シートの剥離直前の様子。図中の数字はレーザー照射時間。

図中の時間は、各レーザーの照射した時間を示している。また、試料が剥離するまでの伸びを表 1 に示す。

表 1 剥離直前の粘着シートの伸び

		伸び (mm)	
		エキシマレーザー照射試料	YAG レーザー照射試料
照射時間	0min	1.1	
	15min	1.0	1.4
	30min	5.7	2.0
	45min	6.3	2.1
	60min	8.8	1.1

図 4 では、エキシマレーザー照射試料は、照射時間が増えるにつれ、粘着シートが黄色く変色しているのがわかる。また、伸びも大きくなっていった。15 分照射した試料は、伸びも比較的小さく、未照射の試料と同様に界面破壊を起こし、アルミ板にのみ粘着シートは残った。30 分照射した試料は、粘着シートの伸びによって新たに増えた接着面積と伸びによる応力分散により、引張に対し均衡し剥離までに時間がかかったと予想される。45 分照射、60 分照射の試料では、伸びが大きくなったことにより、剥離の際に凝集破壊を起こし、被着体のアルミ板・ガラス板双方に粘着シートが残っていた。

YAG レーザー照射試料は、照射時間が増えても、視覚的な変化は見受けられないことがわかる。粘着シートの伸びもエキシマレーザー照射試料と比べ、比較的小さいことがわかる。また、剥離の際にすべての試料が界面破壊で剥がれており、アルミ板にのみ粘着シートが残った。

30 分以上エキシマレーザーを照射した試料は、粘着シートが黄色く変色しており、伸びやすくなっていたことから、エキシマレーザーが粘着シートへ何らかの影響を与えたことが考えられる。そこで試料にエキシマレーザーを照射したときの粘着シートの変化を光学顕微鏡で観察した。そのときの写真を図 5 に示す。

エキシマレーザー未照射の粘着シートは一樣にアクリルフォームの小さな発泡体が観察できる。5 分照射後の粘着シートは、ところどころにうっすらと丸い穴のようなものが確認できる。10 分照射後の粘着シートは黄色く変色しているのが確認できる。20 分、30 分と照射時間が長くなるにつれ、試料は穴が大きく成長しているのが確認できる。これは、支持体がエキシマレーザーの照射により、穴が形成され、引張りに対する強度が落ちたと考えられる。また、伸びが大きくなったことから凝集力が低下していることがわかる。アクリル粘着剤はポリマー鎖に粘着付与剤を加えることによりポリマーの網の目構造をつくり凝

集力を増していることから、粘着剤を構成するポリマーの網の目構造をエキシマレーザー

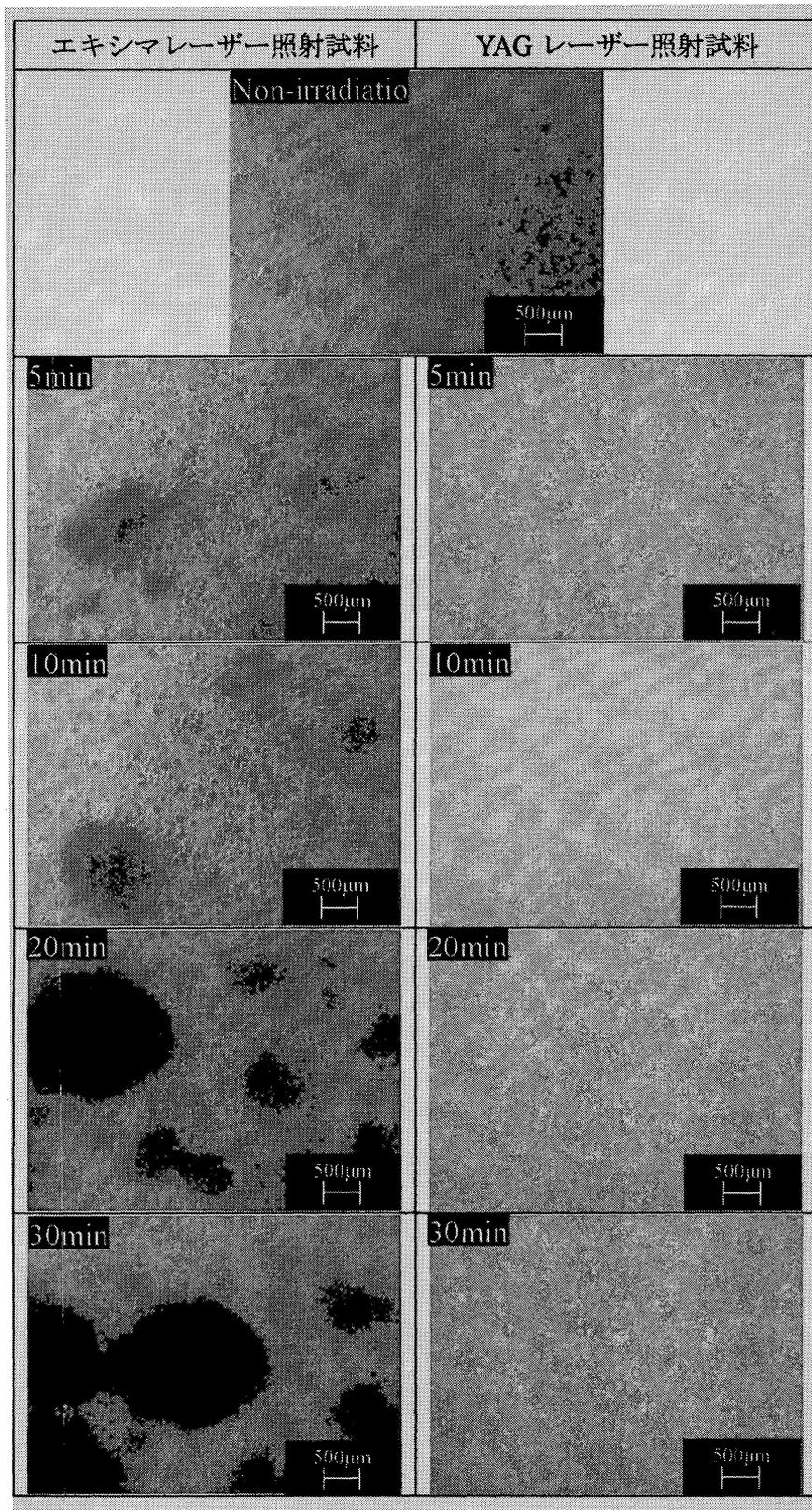


図5 レーザー照射した粘着テープ表面の顕微鏡写真。図中の数字は各レーザー照射時間。

光の光子エネルギーによって、切断された可能性を示唆している。図 5 ではエキシマレーザー照射した表面には黒い部分が照射時間とともに多く現れるようになるが、これは紫外線であるエキシマレーザー照射により何らかのガスが発生したと考えられる。

YAG レーザーを照射した試料は、視覚的な変化は見受けられず、伸びも 1~2mm 程度に納まった。剥離に要する時間は、未照射時の試料よりも長く要した。これは、粘着剤のアンカー（投錨）効果が高まったと予想され、YAG レーザー光は粘着剤の流動性を増す効果があると考えられる。すなわち、YAG レーザー光を吸収した粘着シートが熱せられたことにより、粘着剤の流動性が増し、試料を 1 日置いたことによりアンカー効果が高まったと考えられる。これらの結果を見ると、剥離には紫外レーザーが、接着力増強には可視レーザーが有効の様に見受けられる。

## 6. まとめと今後の展開

ガラスとアルミニウムを超強力粘着シートで接着した疑似 PDP(プラズマ・テレビ・パネル) 試料を用い、レーザー照射による接着力がどのように変化するかを調べた。

YAG レーザーの 2 倍波照射において、60 分レーザー照射後 24 時間放置した試料ではその接着力が初期値の 6 倍も増加することが判った。このことは、製品製作時に使用される粘着テープの減量が可能であることを示唆している。

接着力の増加は、粘着シートがレーザー光を吸収し、熱による一時的な流動性の向上が起こり、照射から時間を置いた後では、アンカー（投錨）効果が増したためと考えられる。

また、エキシマレーザーと YAG レーザーでは粘着シートへの作用が異なることがわかった。

本研究では、ガラスとアルミニウムを接着する超強力粘着シートの面積は 1cm<sup>2</sup> に統一してある。このためデータに数%の誤差がある。この面積をもう少し大きくし再現性の確認をする予定である。また、剥離と接着力増強に最適な波長を見つけ出すことを試みる。接着力増強に関しては再現性の確認後、特許申請と論文投稿を予定している。

## 参考文献

- (1) H. Iesako : High-solids acrylic emulsion PSAs , 「東亜合成研究年俵」 第 2 号, (1999)
- (2) T. Ozawa et al. : Adhesive properties of ultraviolet Curabl Pressure-Sensitive Adhesive Tape for Semiconductor Processing -Interpretation via Rheological Viewpoint- 「古川電工時報」 第 106 号, (2000)