

PTFE 위에 구리를 입히는 PDA 표면화학

조진현 쿨스 대표 jhcho@cools.co.kr

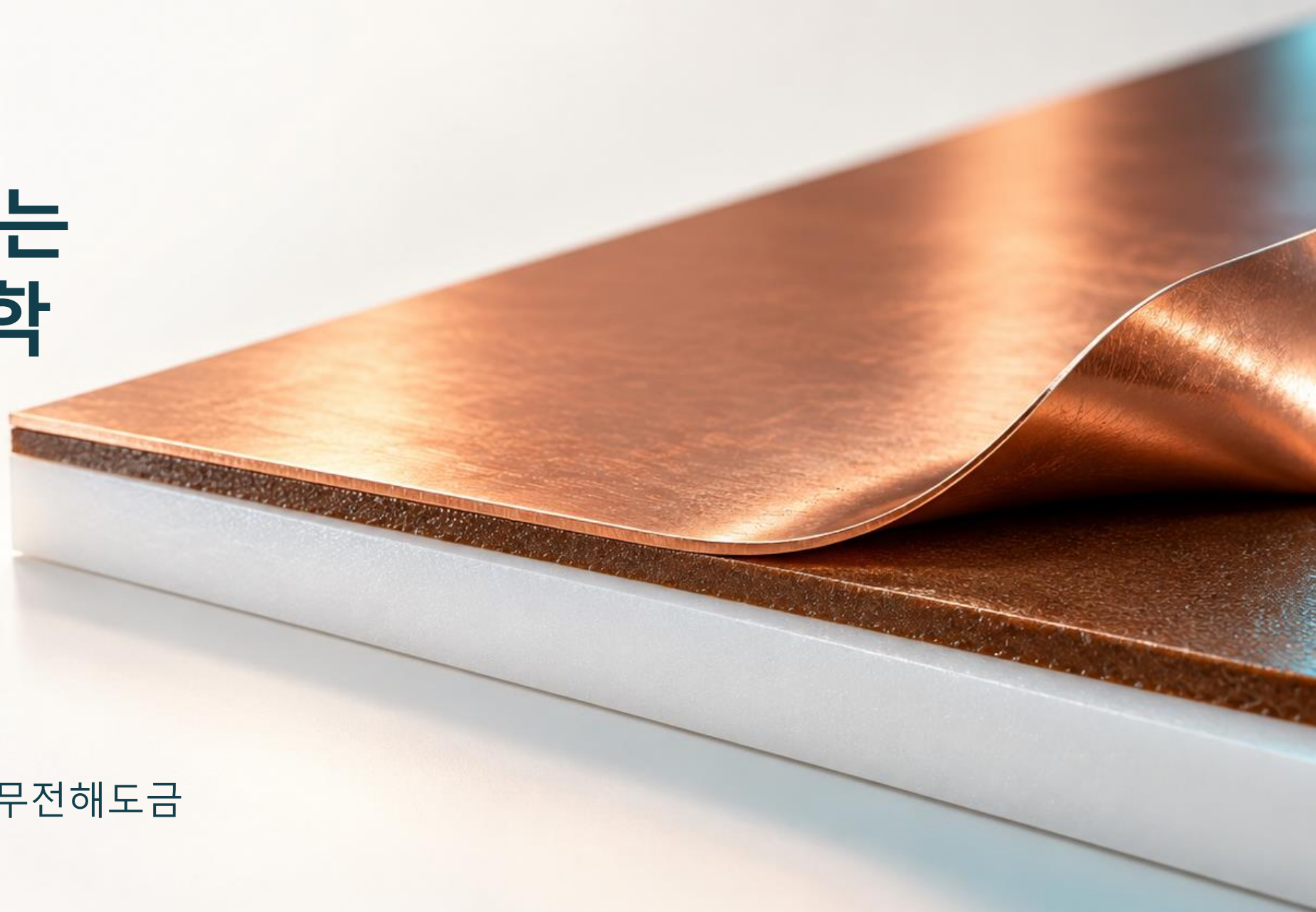
SUMMARY

도파민의 카테콜과 아민은 약알칼리 수용액에서 산화·고리화해 PDA 층을 만든다. PDA는 PTFE의 물 접촉각을 106°에서 49°로 낮추고, 남은 기능기가 구리 이온을 붙잡아 DMAB 환원으로 연속 구리막을 키우는 출발점이 된다.

PTFE 위에 구리를 입히는 PDA 표면화학

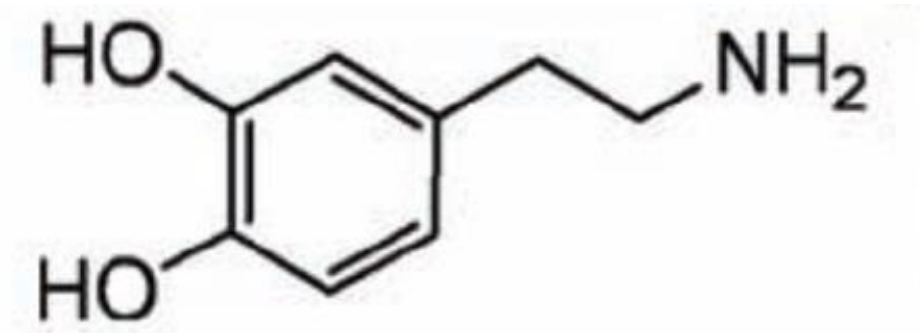
이해신 교수 연구 기반
PDA의 구조·거동과 구리 무전해도금

쿨스 · 조진현



도파민의 카테콜과 아민

홍합 접착단백질의 핵심 작용기를 작은 분자에 결합



도파민의 분자식

카테콜 $-(\text{OH})_2$

인접한 두 OH기
금속 결합과 산화·환원

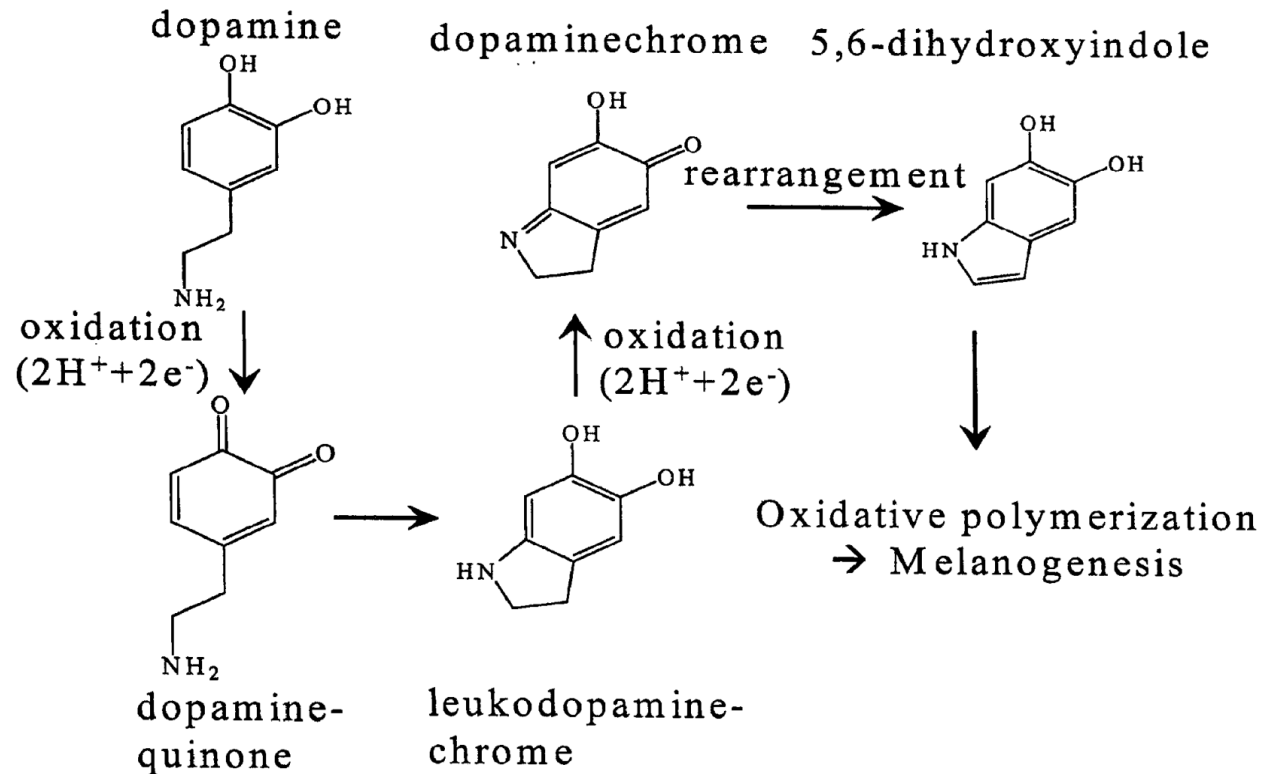
1차 아민 $-\text{NH}_2$

산·염기 거동과 반응성
산화 후 고리화에 참여

이 두 작용기가 표면 코팅과 후속 기능화를 연결한다

산화·고리화에 의한 PDA 형성

약알칼리 수용액에서 시작하는 도파민의 반응 경로



산소가 있는 수용액

pH 8.5에서 산화 진행

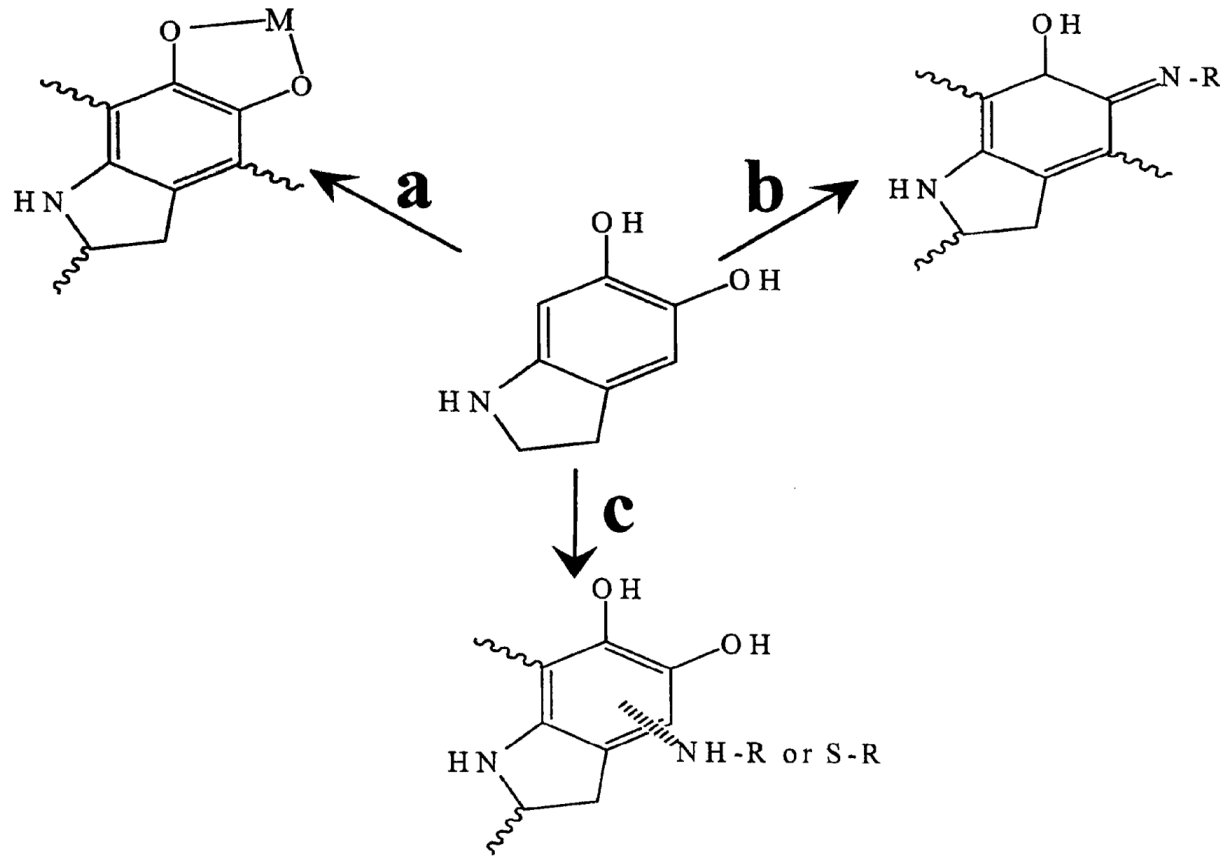
퀴논 형성·고리화
인돌계 구조 형성

공유결합 형성과
비공유 자기조립이 함께 기여

PDA는 여러 산화상태와 구조가 공존하는 불균일한 기능층

PDA 잔존 기능기의 후속 반응

금속을 붙잡고, 아민·티올을 가진 분자와 결합



a 금속 배위결합

카테콜의 산소가
금속 이온 결합에 참여

b Schiff 염기 반응

퀴논과 아민의 반응

c Michael 첨가

아민·티올의 부가반응



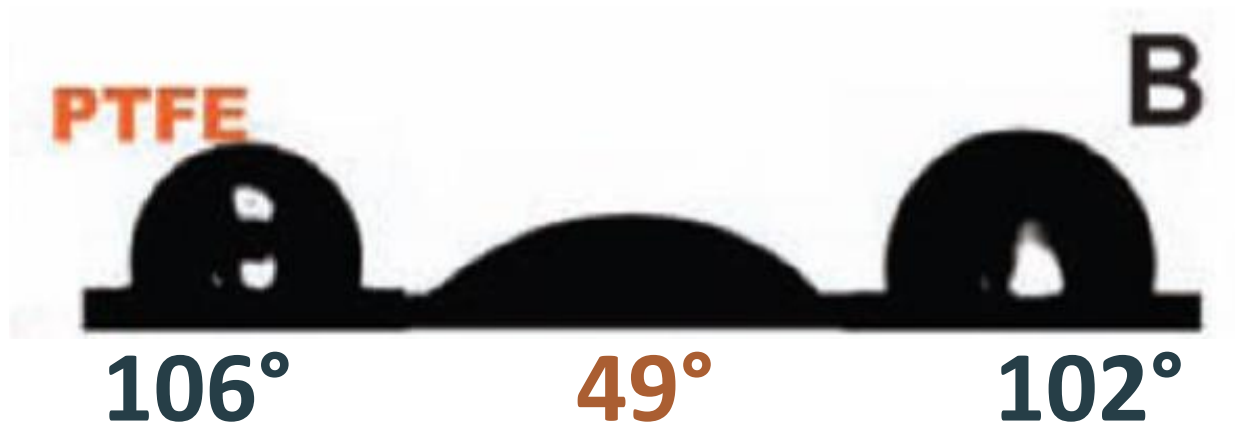
PTFE 표면의 PDA 코팅과 젖음 변화

PTFE 표면을 친수성 기능기를 가진 표면으로 전환

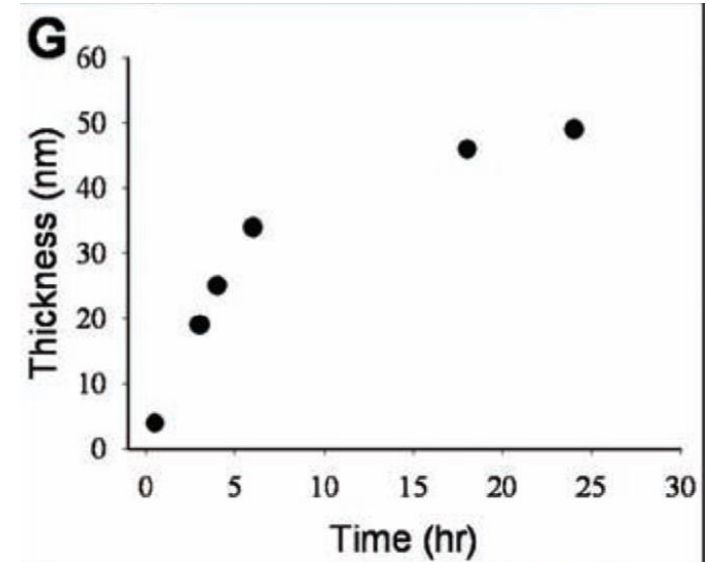
무처리 PTFE

PDA 코팅

알칸티올 후처리



물 접촉각 · 정적 측정



Si 위 PDA: 24시간에 약 50 nm

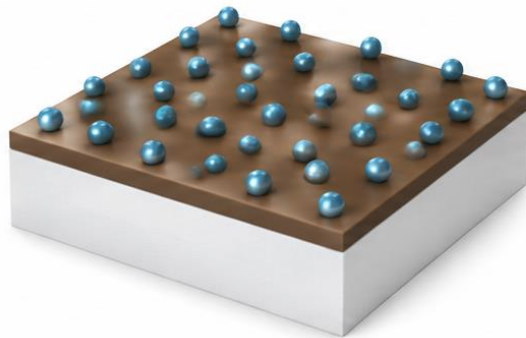
도파민 2 mg/mL · Tris 10 mM · pH 8.5

코팅 시간으로 막 형성을 조절하고, 후속 분자로 표면 성질을 바꾼다

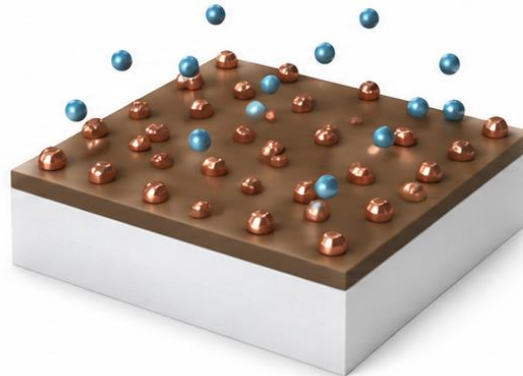
PDA와 DMAB가 구리막을 형성하는 과정

표면의 금속 결합 자리에서 핵이 생기고, 서로 연결되며 막으로 성장

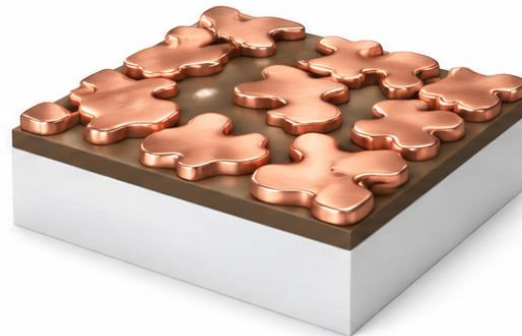
Cu^{2+} 흡착



Cu^0 핵생성



성장·연결



연속 구리막



PDA: 표면 결합 자리 DMAB: 환원제

구리 무전해도금액의 배합

이해신·Messersmith 연구진이 공개한 구리 금속화 조건

성분	최종 농도	역할
CuCl_2	50 mM	구리 이온 공급
EDTA	50 mM	용액 내 구리 착화
H_3BO_3	0.1 M	욕 조성 성분
DMAB	0.1 M	구리 환원

pH 7.0

30 °C

2–3 시간

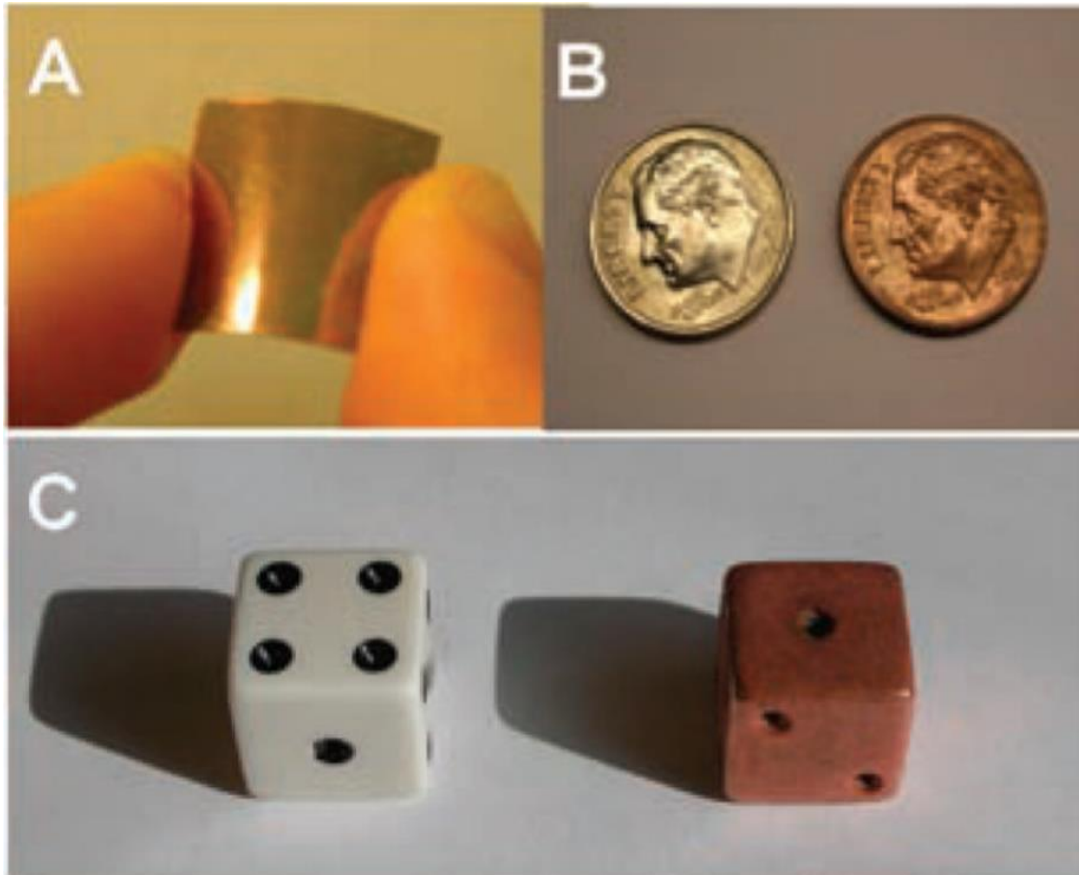
DMAB = $(\text{CH}_3)_2\text{NH}\cdot\text{BH}_3$

사용 직전에 DMAB 첨가

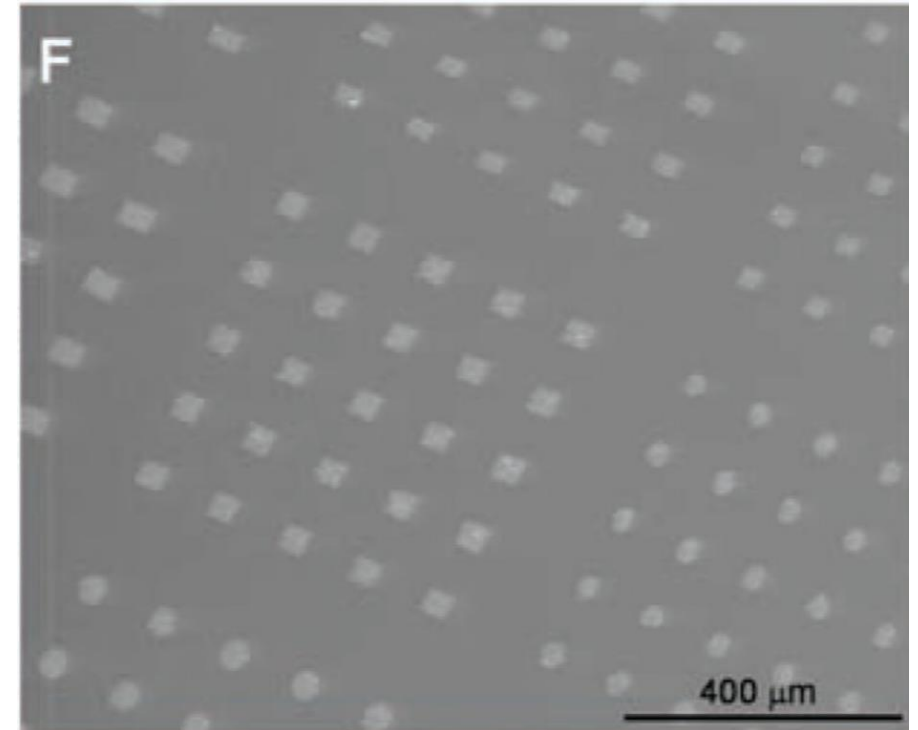
CuCl_2 ·EDTA·붕산 혼합 후 NaOH로 pH 조정

논문에서 확인한 구리 금속화

유연한 필름, 입체 플라스틱, 미세패턴에 적용



니트로셀룰로스 필름 · 동전 · 플라스틱



유리 위 구리 미세패턴

원문 SEM의 스케일 바: 400 μm

PTFE 구리도금의 적용 공정

PDA 코팅과 구리 환원욕의 연속 공정 구성

01 세정



PTFE 표면 준비

02 PDA 코팅



2 mg/mL · pH 8.5
3-24 h 범위에서 설정

03 수세



남은 용액·입자 제거

04 무전해 Cu



pH 7.0 · 30 °C
DMAB · 2-3 h

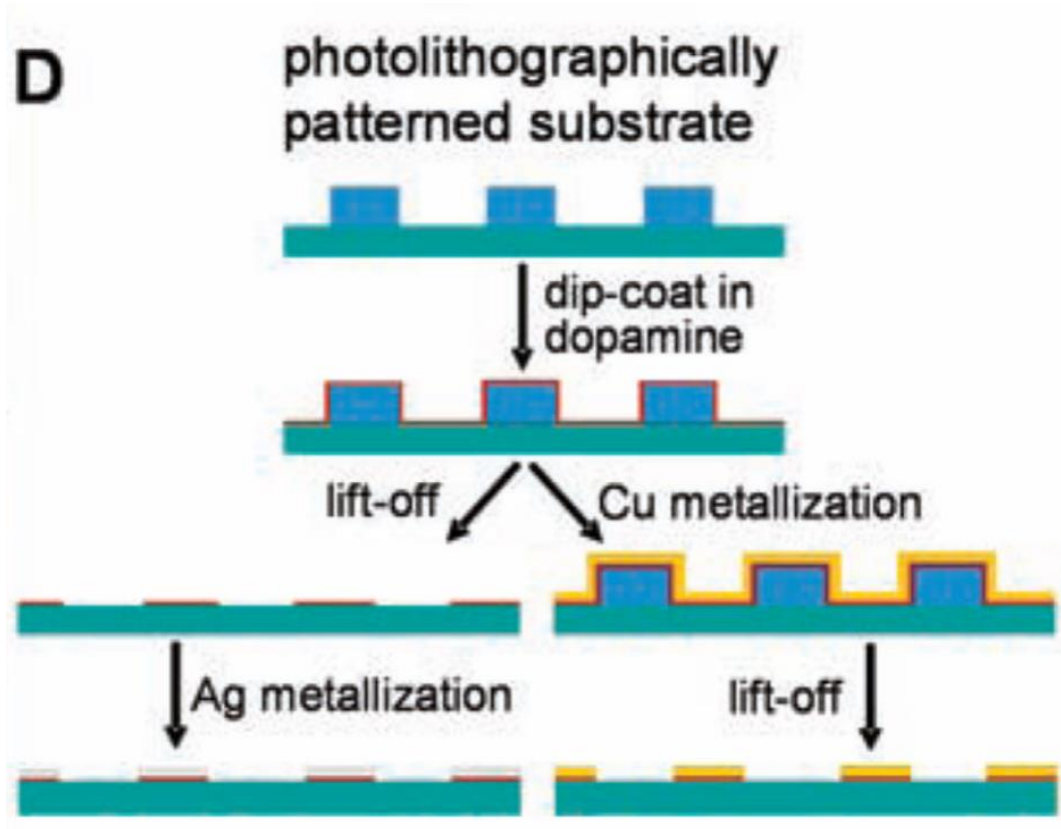
05 후속 공정



수세 후 연속막 확인
전해도금 후막화

PTFE 회로화와 PDA 계면의 확장

기재의 표면을 바꾸고, 원하는 기능을 후속 공정으로 부여



Cu / PDA / PTFE / PDA / Cu

쿨스 양면 계면 구조

PTFE 표면에 금속 결합 자리 형성

무전해 Cu 연속막을 배선 출발층으로 활용

표면 반응을 바꾸어 금속·유기층으로 확장

PDA의 가치는 기재와 후속 기능층을 연결하는 데 있다



주식회사 쿨스

대표이사 조진현

본사 | 경상남도 창원시 의창구 중동북로 23

지사 | 경기도 화성시 동탄구 삼성1로 160

M. 010-2280-9414

E. jhcho@cools.co.kr

H. www.cools.co.kr
