

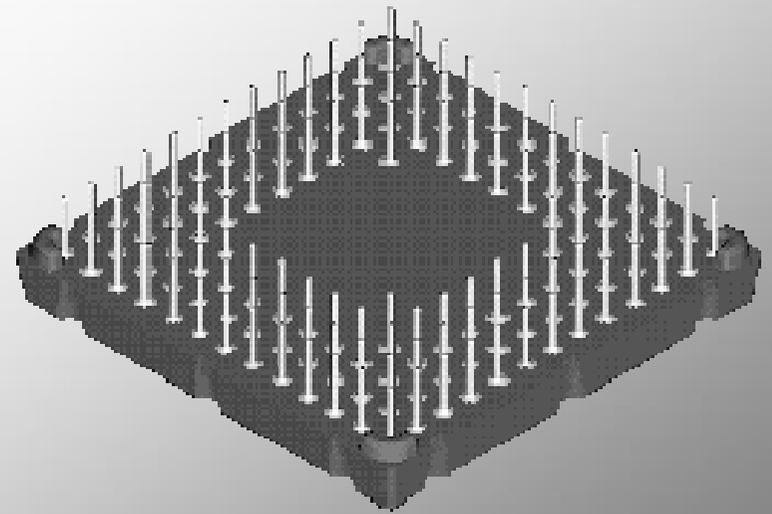
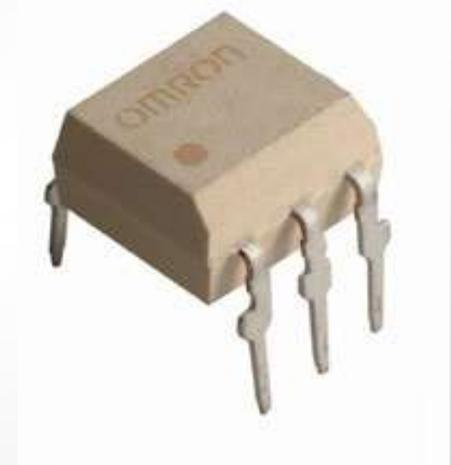
ABOLIÇÃO DO CHUMBO NA INDÚSTRIA
ELETRÔNICA:
DESAFIOS PARA PESQUISA E MANUFATURA

Sumário

- Processos de fabricação de produtos eletrônicos
 - PTH
 - SMT
- Soldas para eletrônica
 - Soldas eutéticas Pb-Sn
 - Outras soldas
- Vantagens e desvantagens do do chumbo
- Substituição do chumbo: desafios para pesquisa
- Substituição do chumbo: desafios para manufatura

Processo PTH

- Pin Through Hole (furo passante)
- Componentes são encaixados na placa
- Em vários casos, é aplicada solda
- Fixação mecânica extremamente eficiente



Processo SMT

- Aplicação de pasta de solda
- Posicionamento dos componentes
- Refusão

Aplicação de pasta de Solda

- Pasta de solda: esferas de solda + fluxo
 - Fluxo: dissolve as camadas de óxido nos terminais e nas esferas
- Aplicação: processo análogo ao “*silk-screen*”.
 - Máscara com o “mapa” dos terminais
 - Rodo pressiona a pasta de solda através da máscara
 - Tempo de espera para fixação (poucos segundos)

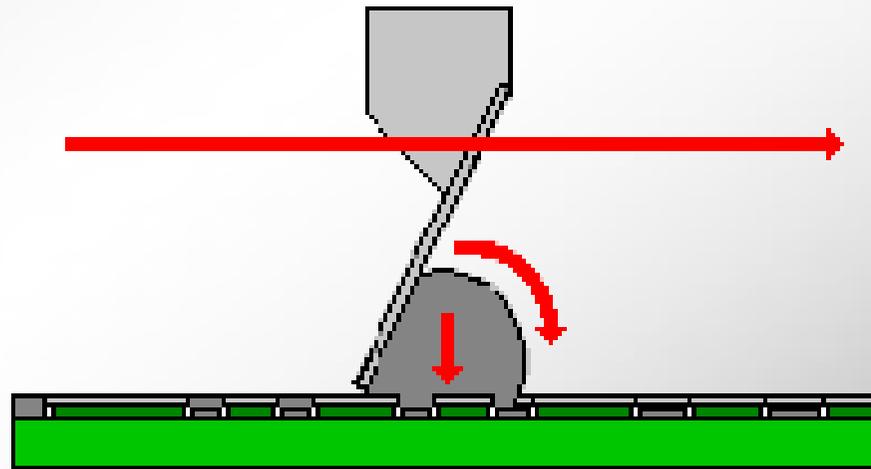


Figura: <http://www.tkb-4u.com/articles/printing/printstmsol/printsmtsol.php#method>

Posicionamento dos componentes

- Componentes menores são posicionados antes
- Processo automatizado: 14.000 posicionamentos por hora para componentes pequenos.
- Componentes maiores são posicionados depois:
 - Diminui o risco de deslocamento de componentes durante o posicionamento
 - Posicionamento dos componentes maiores requer maior precisão

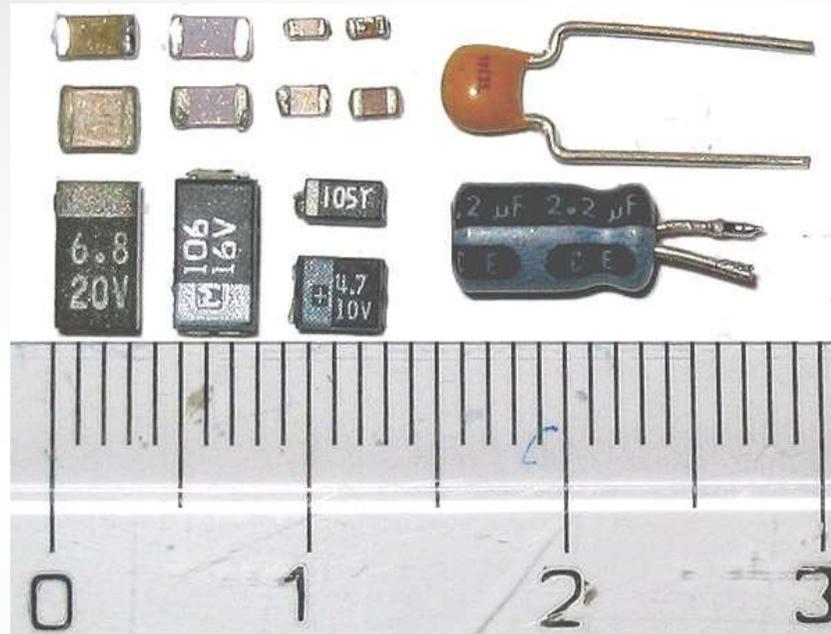
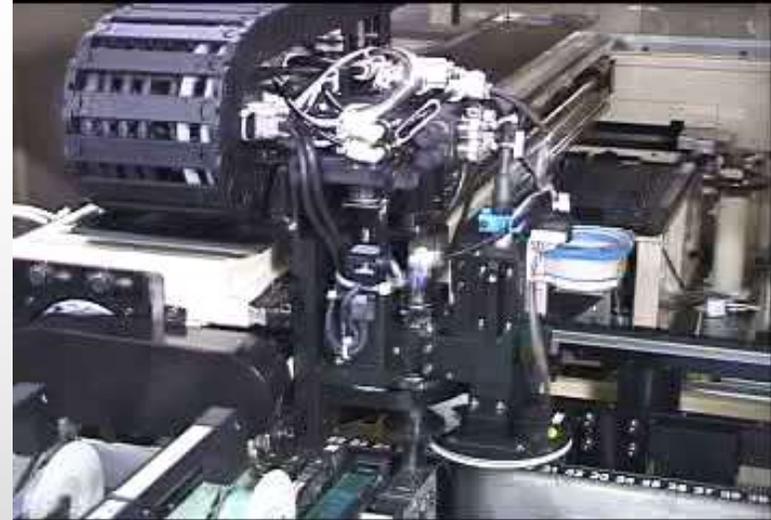
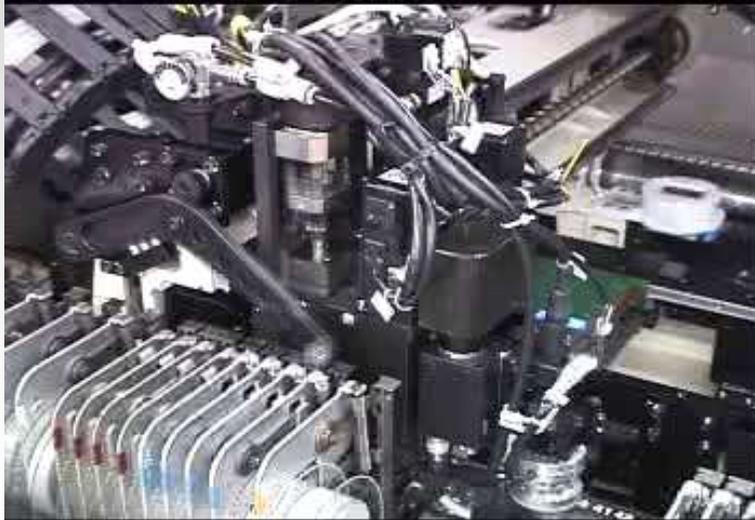


Foto: Wikipedia

Posicionamento dos componentes

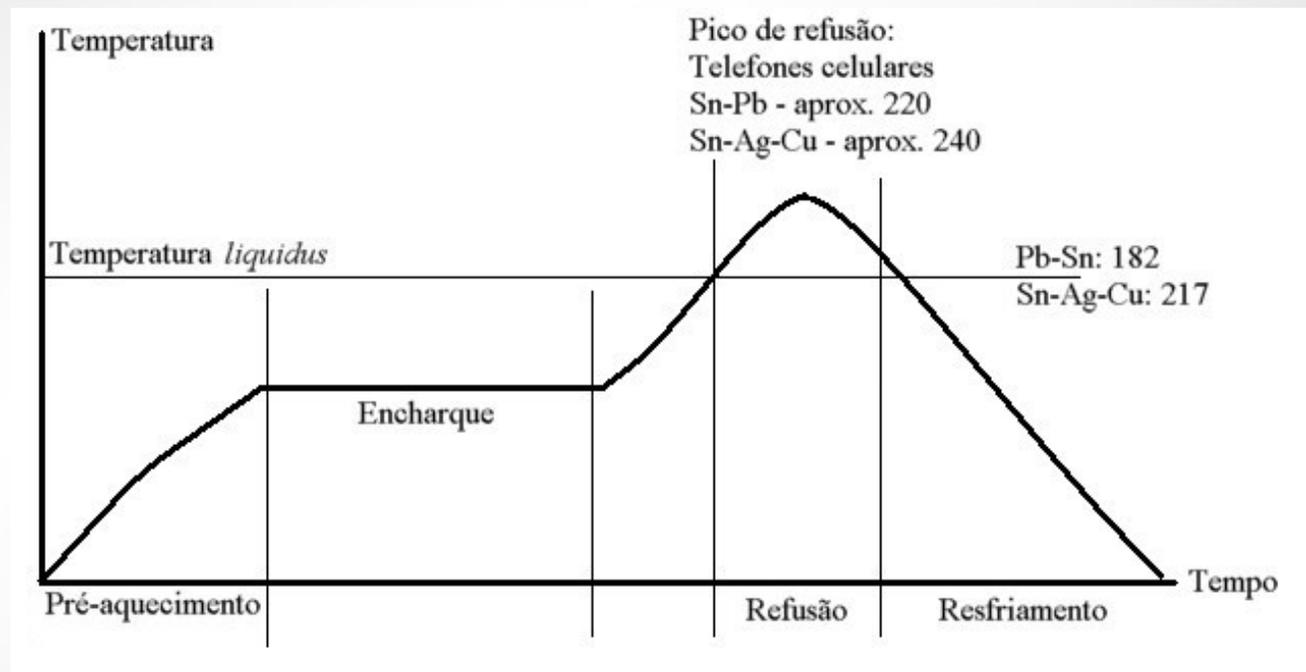


Vídeos gentilmente cedidos pela
FUJI DO BRASIL MÁQUINAS INDUSTRIAIS LTDA.
www.fujibrasil.com.br

Refusão

- Fornos contínuos de convecção;
- Fornos de radiação infra-vermelha;

- Normalmente 4 etapas
 - Pré aquecimento
 - Encharque
 - Refusão
 - Resfriamento



- Duração típica: cerca de 3 minutos em um forno contínuo de convecção formado por 7 zonas com controle independente de temperatura.

Soldas mais utilizadas

- Sn-Pb eutética (63%Sn-37%Pb) – funde a 182°C

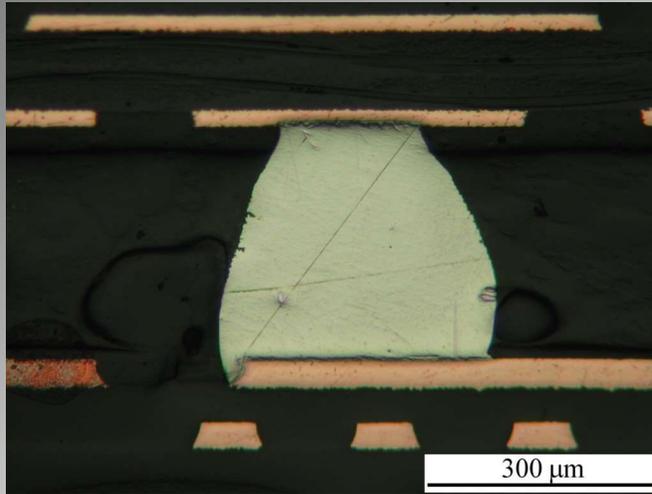
A indústria eletrônica utilizava 0,5% do chumbo usado no mundo.

- Sn-Ag-Cu (diversas composições: 1-5% de Prata; até 1,7% de Cobre) – Funde em torno de 217°C – Mais comum – Sn-3,5%Ag-0,7%Cu.
- Sn-Bi – Funde a cerca de 140°C (problema: reservas mundiais de Bismuto muito limitadas) – às vezes é usada para placas com componentes nos dois lados.
- Sn-Zn
- Outros metais usados: In, Sb, terras raras (em desenvolvimento)

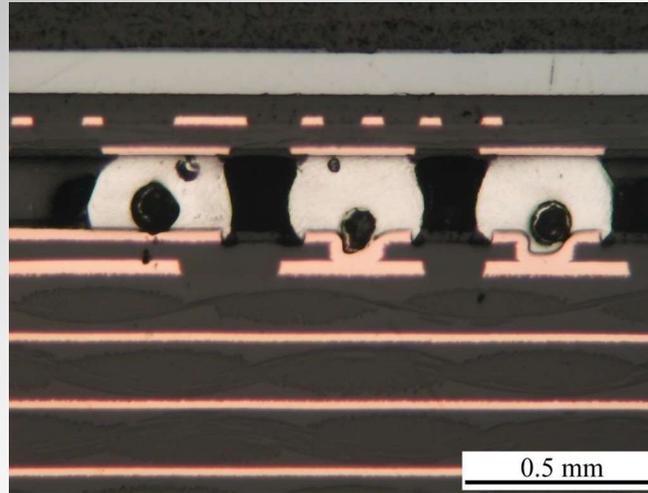
Problemas

- Falhas na aplicação de pasta de solda
 - Falta de pasta: não ocorre a solda por falta de material
 - Excesso de pasta: pode levar à formação de “pontes” (curto-circuito).
- Falhas no posicionamento
 - Soldagem defeituosa por posição inexata dos terminais
 - Tensão superficial da solda Pb-Sn corrige o posicionamento.
- Falhas na refusão
 - Formação de vazios na solda
 - Ausência de molhamento da solda
 - Má formação das bolas de solda
- Falhas na fabricação do componente
 - Ausência de molhamento da solda em função de contaminação ou baixa planicidade dos terminais.

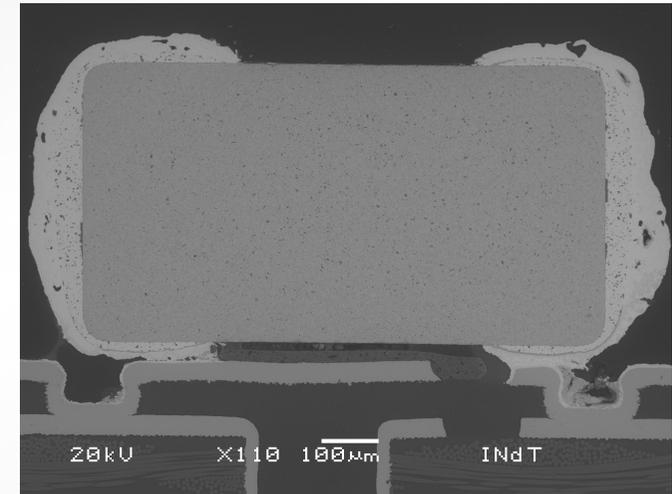
Problemas



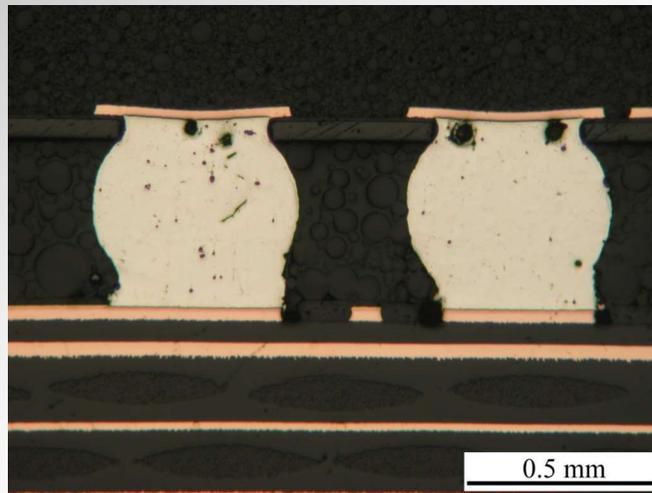
Má formação



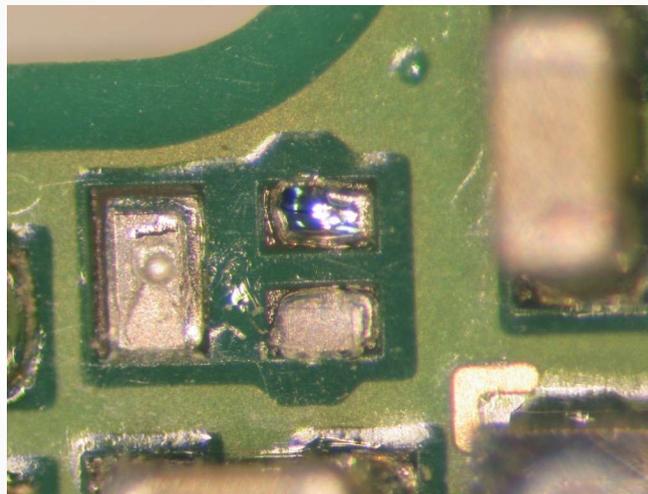
Formação de vazios



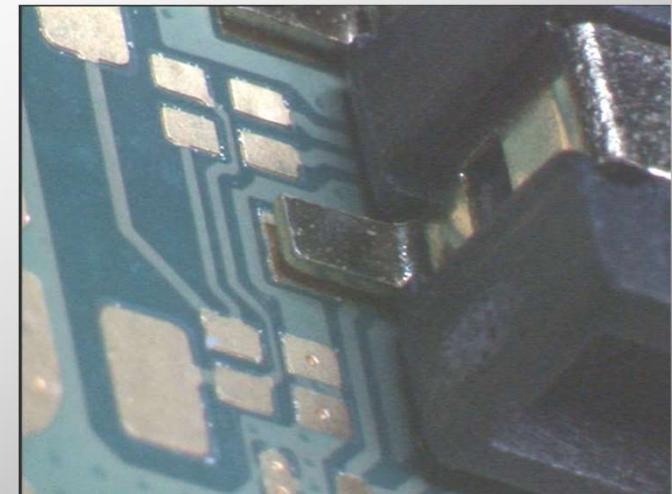
Ausência de molhamento



Má formação



Ausência de molhamento



Não coplanaridade

As vantagens do chumbo

As ligas para soldagem eletrônica ricas em chumbo apresentam:

- Baixo custo (comparado a outros metais utilizados em soldas para eletrônica)
 - Quilo da liga Sn-Ag-Cu é quase quatro vezes mais cara do que a da liga Pb-Sn eutética
- Ponto de fusão baixo (eutético: 182°C)
- Boa tenacidade à fratura (soldas Pb-Sn)

<i>Metal</i>	<i>Preço</i>
<i>Chumbo</i>	1.226,00
<i>Estanho</i>	8.475,00
<i>Cobre</i>	7.660,00
<i>Zinco</i>	3.405,00
<i>Prata</i>	406.385,00

Preços em dólares norte-americanos por tonelada.

Fontes:

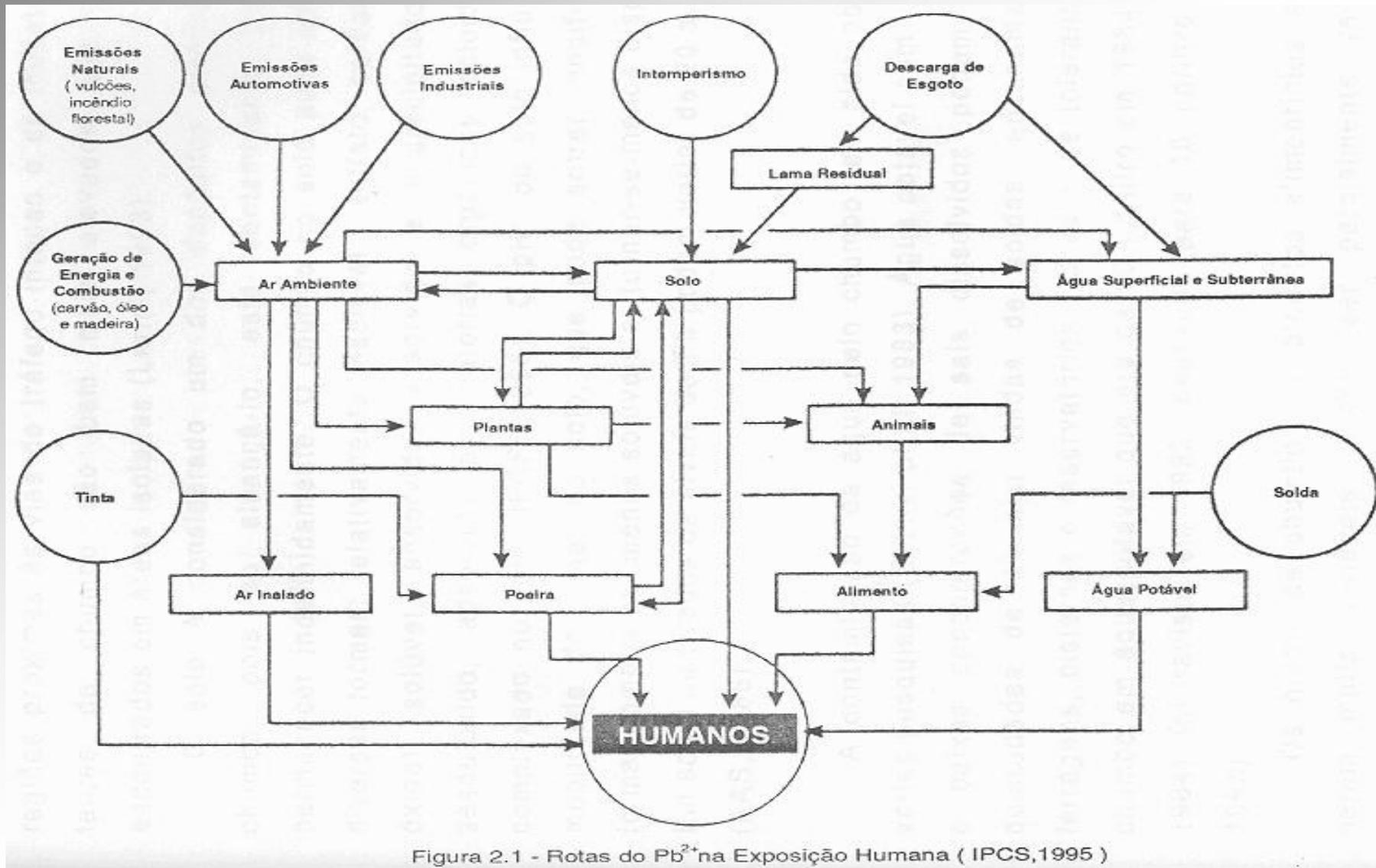
Chumbo, Estanho, Cobre e Zinco: O Estado de S. Paulo, 17 de agosto de 2006

Prata: The Silver Institute (preço aproximado, convertido da cotação em dólares norte-americanos por onça troy).

As desvantagens do Chumbo

- Metal pesado;
- Contamina os lençóis freáticos (lançado em aterros);
- Alto potencial de bioacumulação;
- Contaminação de ecossistemas;
- Causa danos:
 - Ao sistema nervoso central;
 - Ao sistema excretor (rins)
 - Ao sistema gastrointestinal
 - Aos ossos (pode favorecer a ocorrência de osteoporose)
- Causa má-formação e redução de número de espermatozóides
- Suspeita-se que pode causar aborto espontâneo (não há evidências definitivas)

Rotas de exposição ao chumbo



Fonte: Mavropoulos, Elena. **A hidroxiapatita como absorvedor de metais**. [Mestrado] Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública; 1999. 105 p.

http://portaldes.cict.fiocruz.br/transf.php?script=thes_chap&id=00006602&lng=pt&nrm=iso

Exigências legais ao redor do mundo

- Diretiva RoHS – *Restriction of Hazardous Substances* – inclui também: Cádmio, Mercúrio, Cromo hexavalente e alguns retardantes de chamas contendo Bromo – entrou em vigor plenamente em 01/07/2006.
- Japão: não tem uma lei específica sobre o uso dessas substâncias, mas a legislação referente a reciclagem inclui a conformidade com a diretiva RoHS
- China: Lei similar à RoHS, mas com particularidades – data limite: 01/03/2007
- EUA: não têm data limite definida por lei nacional, mas a eliminação do chumbo é uma tendência. A Califórnia tem uma lei estadual impondo conformidade com a diretiva RoHS a partir de 01/01/2007. Outros estados estão em processo de elaboração de legislação semelhante
- Brasil: exportações levam os fabricantes a cumprir as exigências da RoHS
- Excluem-se das restrições dispositivos com necessidades especiais de desempenho. (Ex: aplicações militares e aeronáuticas)
- Baterias não são sujeitas à RoHS.

Mais informações: www.rohs.co.uk

Desafios para Pesquisa

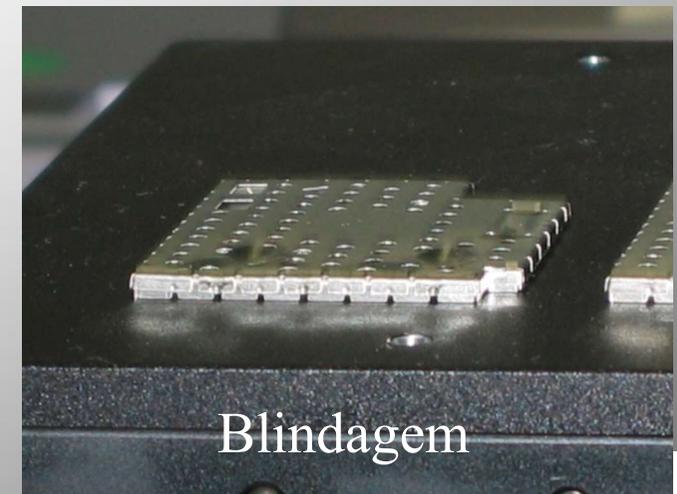
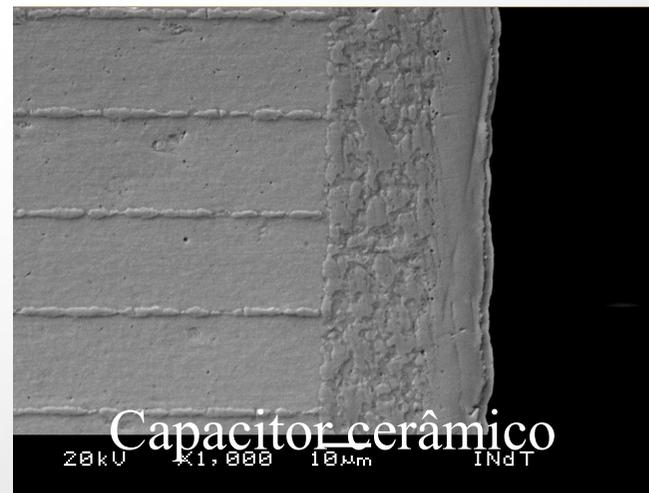
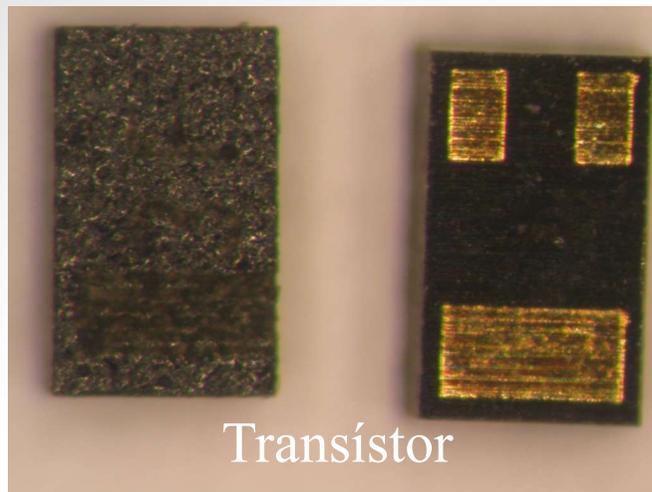
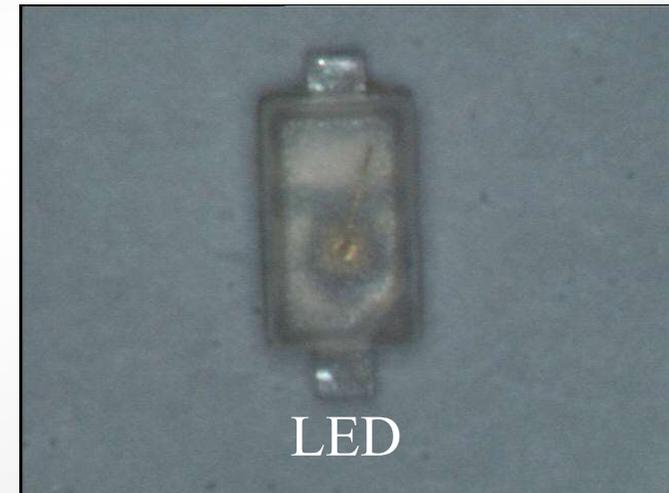
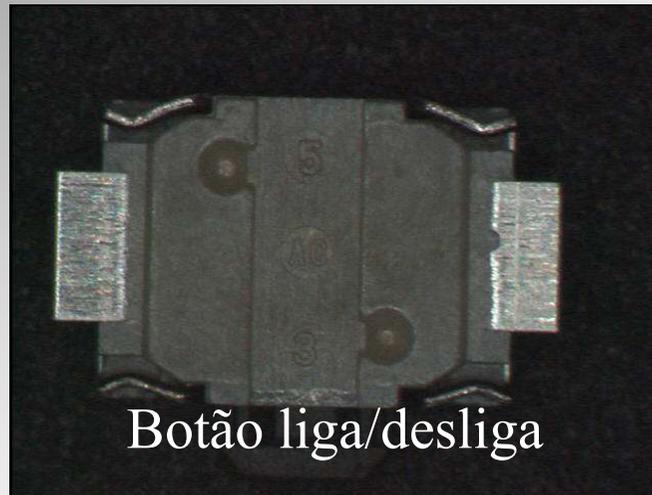
Desenvolvimento de novas ligas de solda:

Devem ser mantidas ou alteradas o mínimo possível:

- Propriedades mecânicas
- Propriedades elétricas
- Propriedades térmicas
- CUSTO DO PRODUTO FINAL

Desafios para Pesquisa

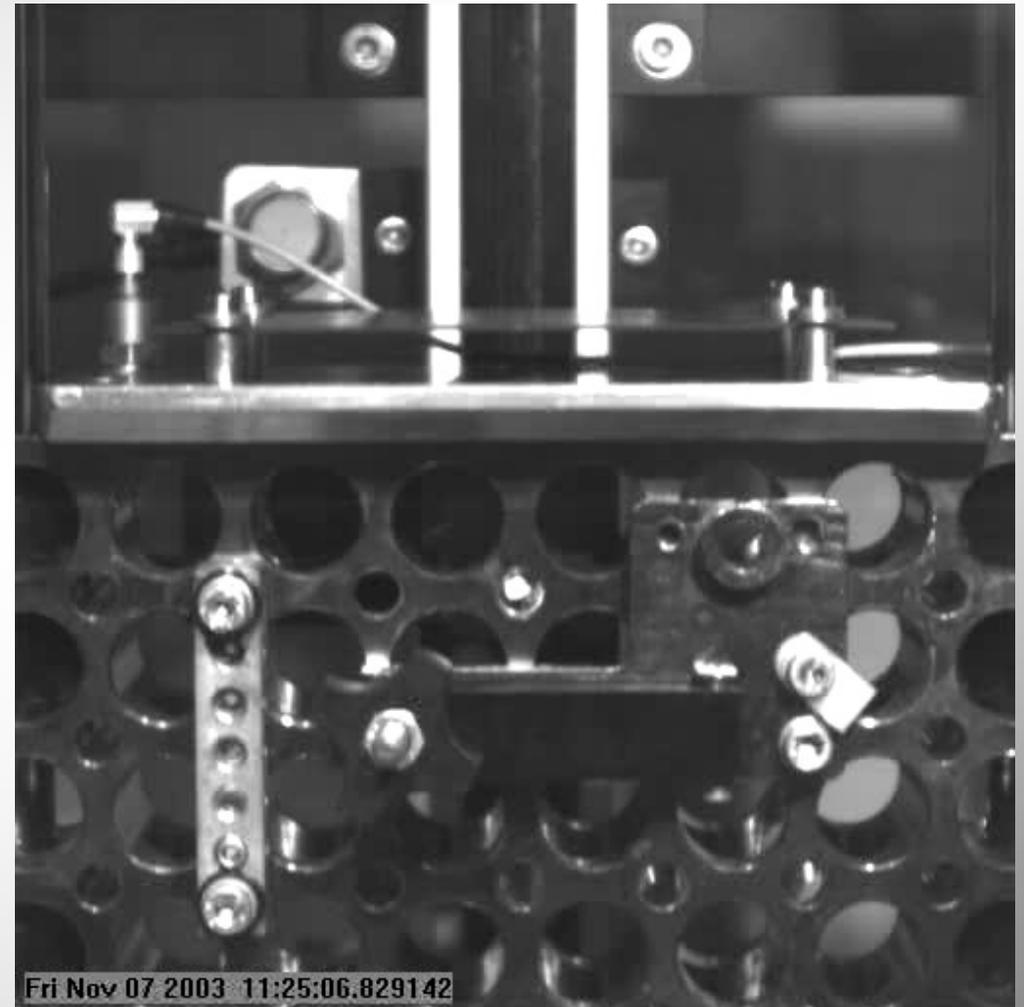
O uso de soldas de composição diferente leva a alteração nas temperaturas de processo. Isso pode levar à necessidade de alterações nos materiais utilizados em outras partes dos dispositivos eletrônicos.



Propriedades Mecânicas

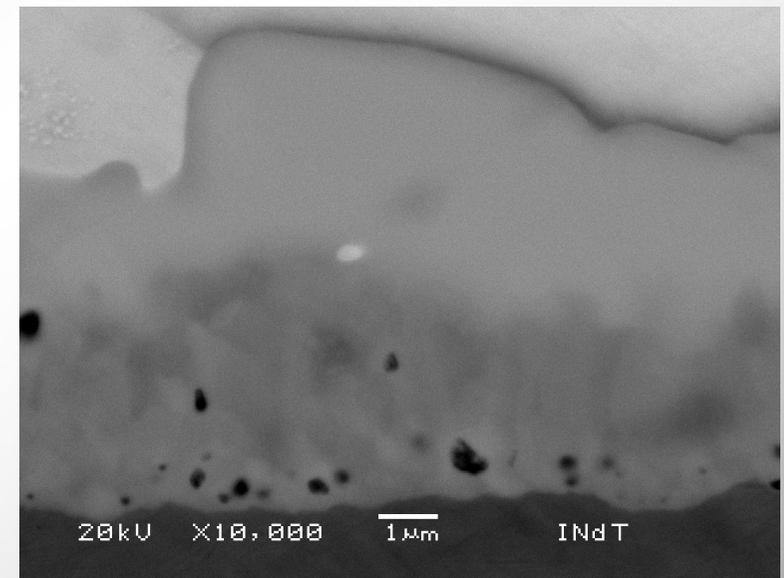
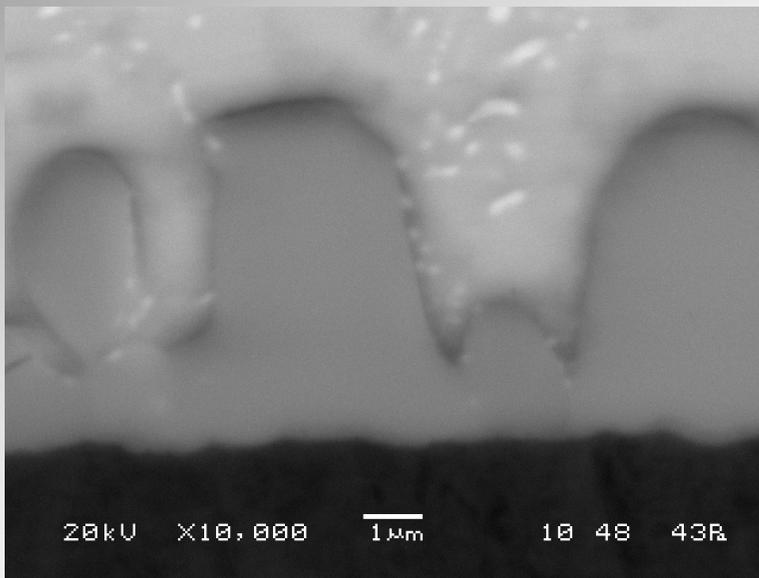
As novas ligas de solda devem ter propriedades mecânicas próximas às das ligas que substituem:

- Resistência ao impacto
- Resistência à fadiga
- Resistência à tração
- Resistência à compressão



Propriedades elétricas

- Alteração da resistividade elétrica com o uso da nova solda:
 - Propensão à formação de poros
 - Propensão à formação de diferentes fases



Resultado: há necessidade de ajustes finos nos parâmetros elétricos de funcionamento dos dispositivos, especialmente nos circuitos dos módulos de Rádio-Freqüência.

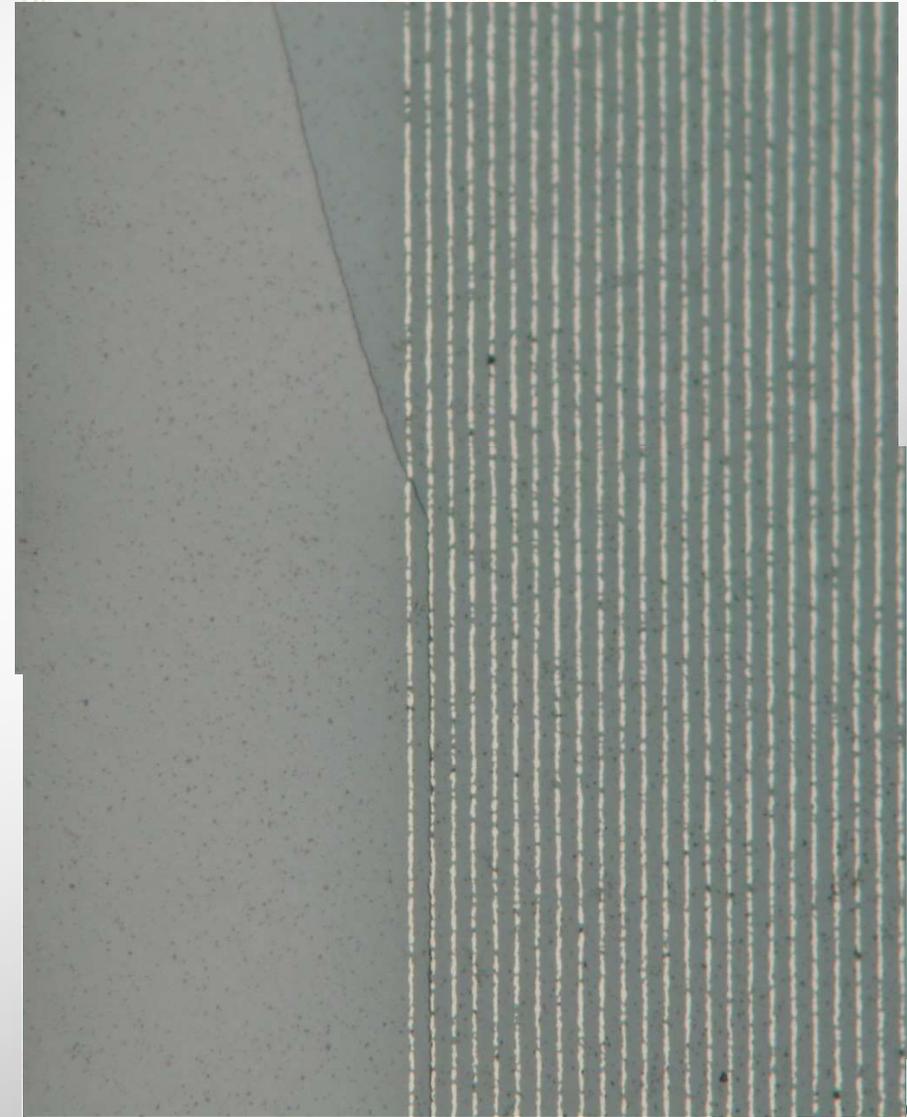
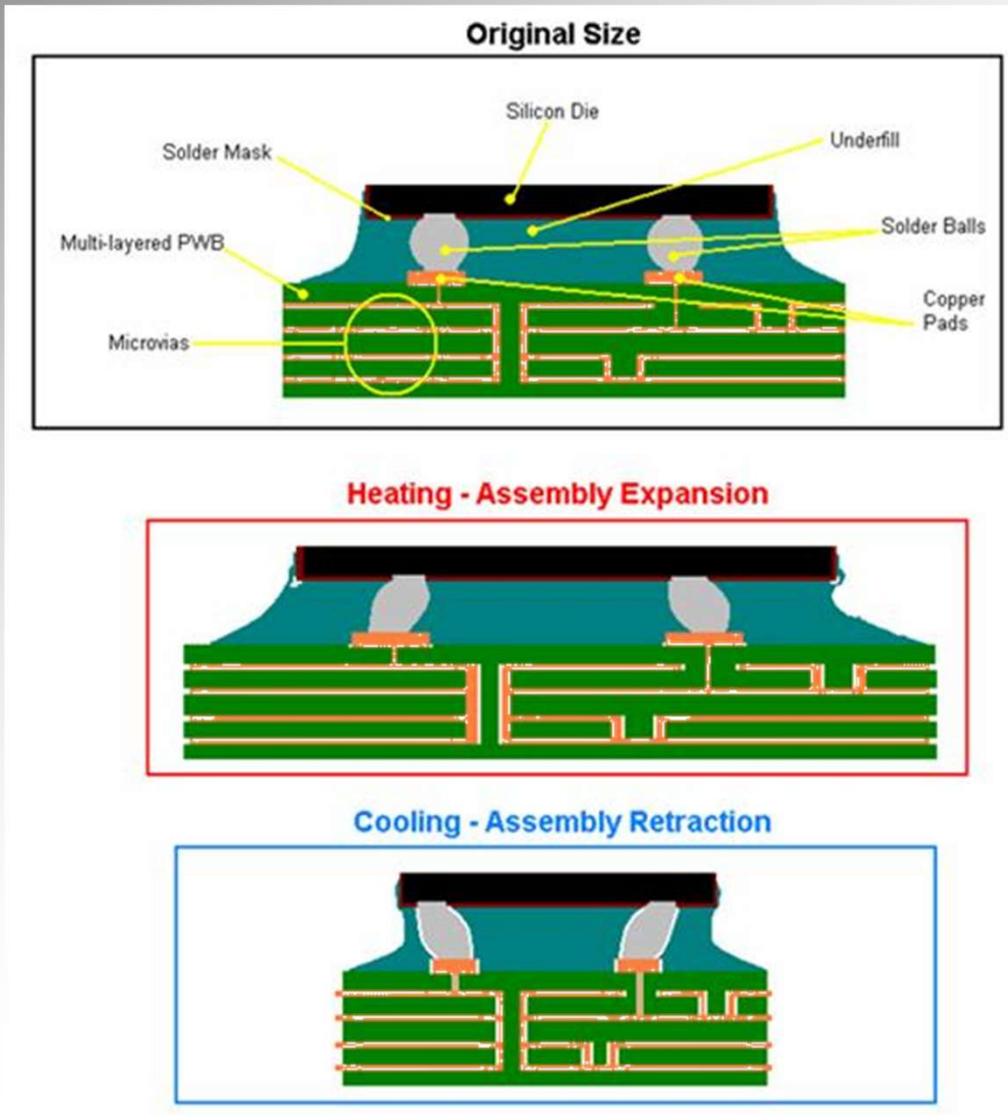
Dispositivos para aplicações “sob o capô”, naturalmente expostos a alta temperatura, são mais propensos a esses problemas. Os sistemas devem ser projetados levando-se em conta as modificações microestruturais ao longo do tempo.

Propriedades Térmicas

- Condutividade térmica: O gerenciamento de fluxo de calor no produto eletrônico é crítico;
 - As soldas têm também a função de dissipar calor dos componentes;
 - O aquecimento da própria solda por efeito joule devido à passagem de corrente elétrica influencia o desempenho do dispositivo
- Coeficiente de expansão térmica:
 - Expansão térmica diferente entre diferentes materiais causa aparecimento de tensões mecânicas

Propriedades térmicas

Efeitos das diferenças de coeficiente de expansão térmica:



Partes internas do componente

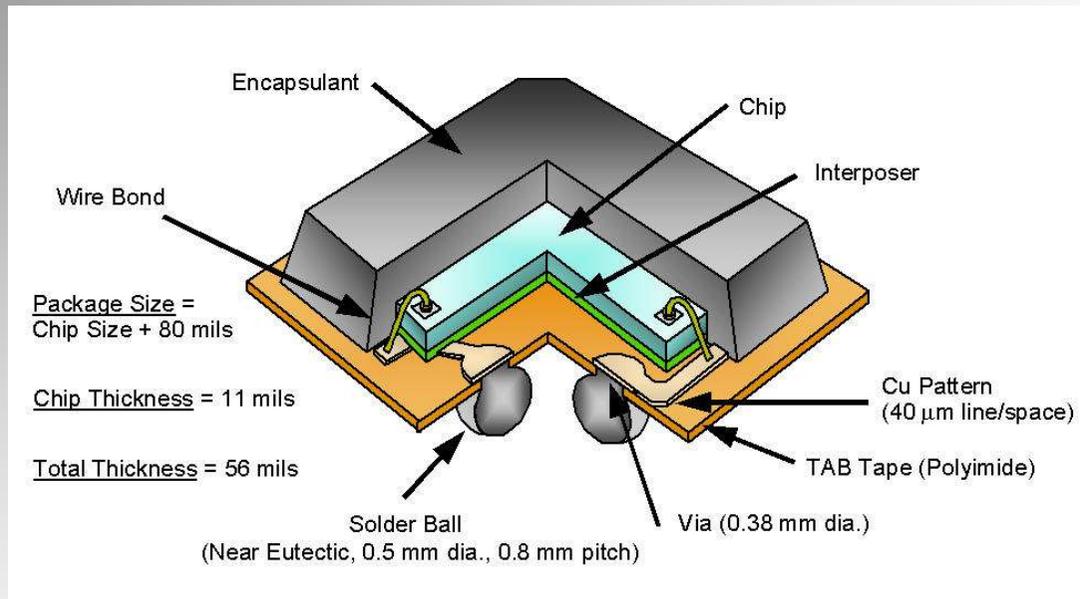
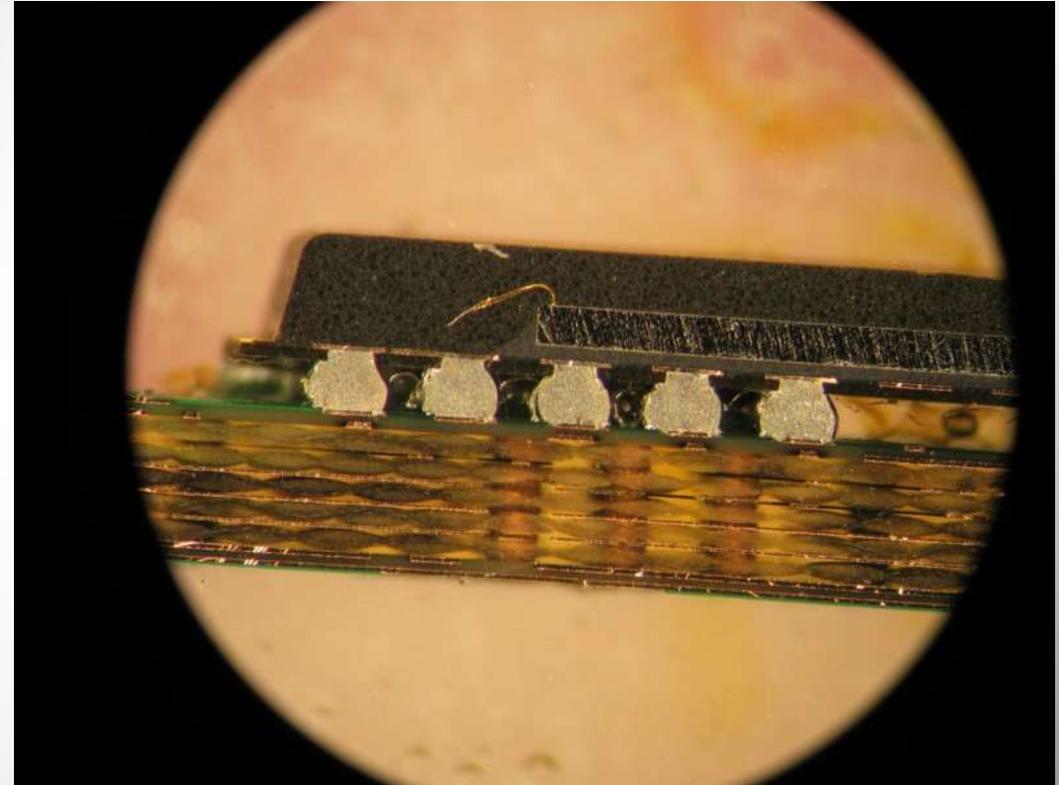


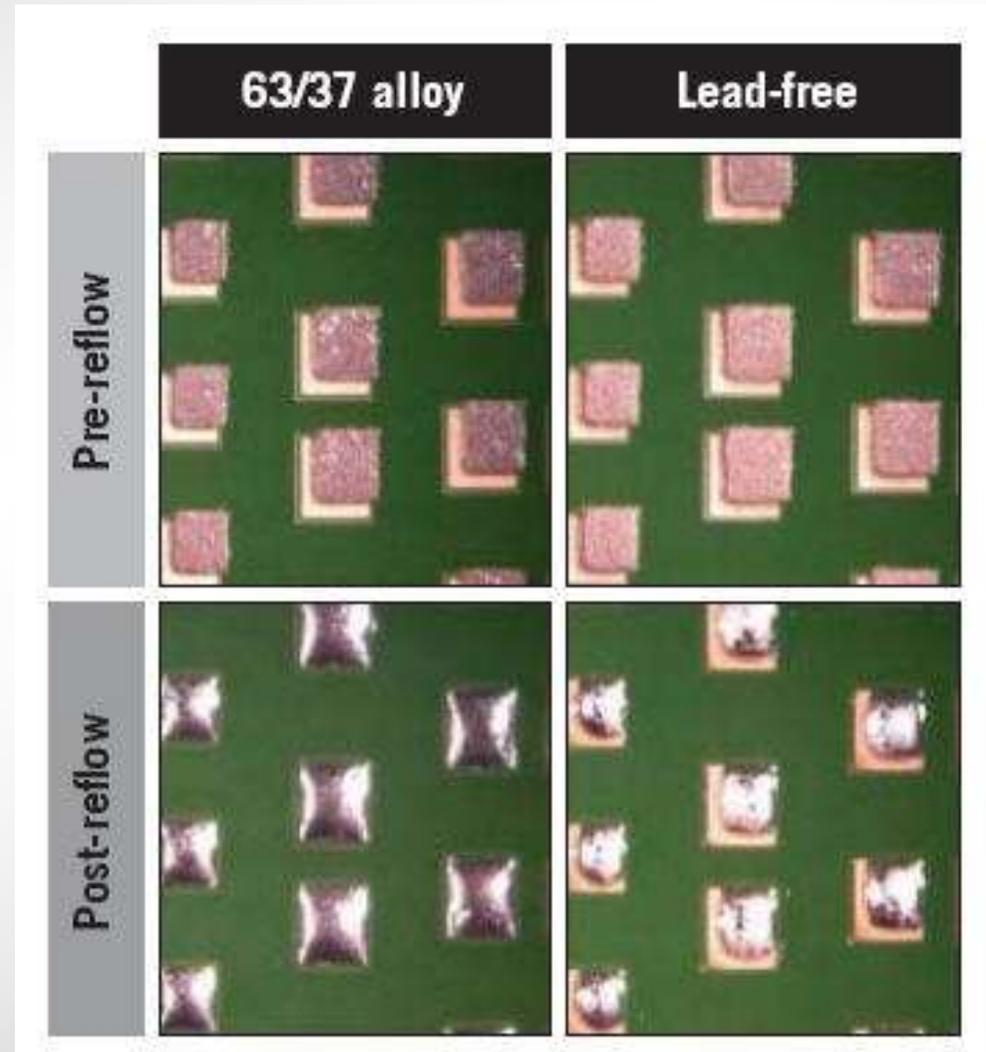
Foto: Texas Instruments
Dr. Viswanadham Puligandla
(Universidade do Texas – Arlington)



Desafios para manufatura

Aplicação de pasta de solda

- Características da pasta geram necessidade de ajustes no processo de aplicação (viscosidade, tempo de exposição ao ar, etc) e podem exigir material diferente na máscara (por exemplo, máscaras de aço inoxidável com maior teor de Ni – diminuição do atrito entre a pasta e a máscara)
- Fluxo diferente do fluxo usado na solda Pb-Sn
 - Pode causar alterações da vida útil da máscara de aplicação de pasta de solda
- Limpeza da máscara mais freqüente
 - Interação de problemas de aplicação de pasta e posicionamento dos componentes
- Necessidade de maior precisão de aplicação da pasta



H. Wise – SMT Magazine – Março de 2006, pág, 24.

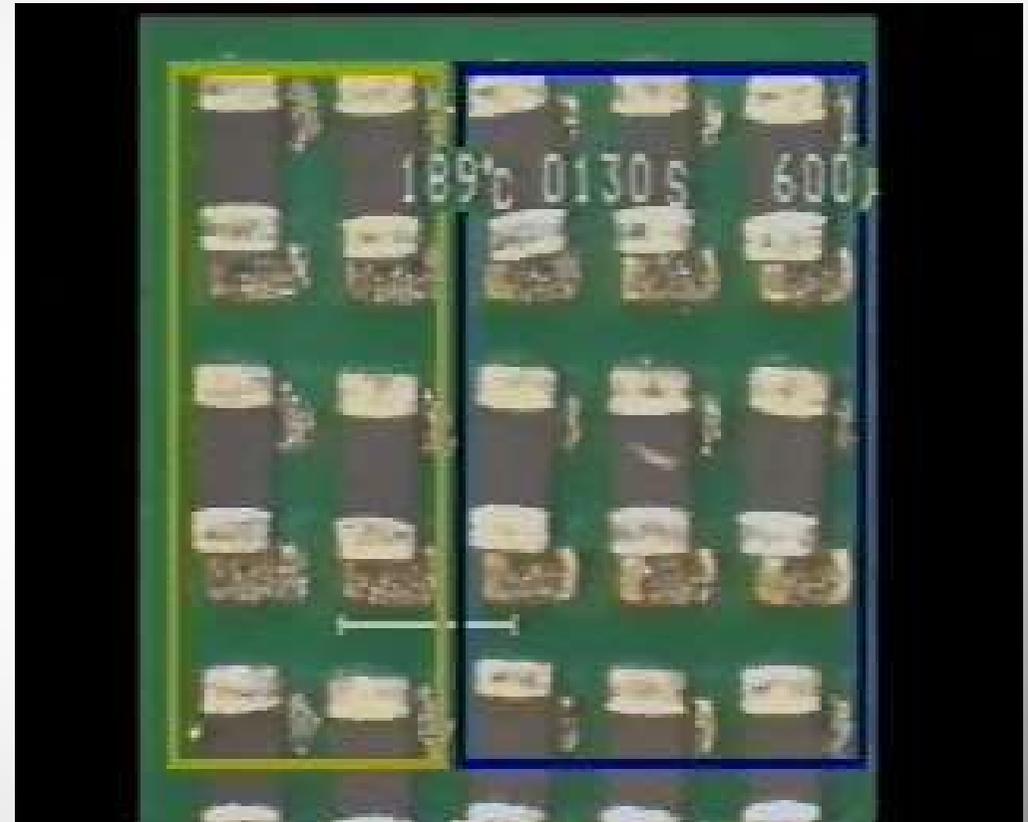
Desafios para manufatura

Acuracidade de posicionamento de componentes SMD:

A solda Pb-Sn, ao fundir, corrige eventuais problemas de posicionamento dos componentes na placa.

Esse alinhamento não ocorre com soldas Sn-Ag-Cu. Conseqüência:

- Tolerância menor no posicionamento dos componentes.
- Manutenção das máquinas de posicionamento de componentes:
 - Intervenções mais abrangentes
 - Inspeções mais freqüentes
 - Manutenção preventiva é crítica



Vídeo gentilmente cedido por Tecnologia em Soldagem J. Moriya Ltda.

Desafios para manufatura

Manutenção dos fornos:

- LIMPEZA

- Resíduos voláteis podem condensar nos dutos de exaustão;
- Refluxo de resíduo e entupimento dos dutos
- Interferência na convecção → aumento na temperatura do forno/mudanças no perfil → danos aos dispositivos/problemas na soldagem



Desafios para manufatura

Inspeção:

- Ângulos de molhamento diferentes
- Espalhamento do metal líquido diferente (tensão superficial menor reduz o espalhamento do metal)
- Aspecto visual da solda diferente (menos brilhosa, mais rugosa)
- Inspeção radiográfica pode precisar de ajustes nos parâmetros do Raio X.
- Adequação de sistemas automáticos de inspeção
- Treinamento de operadores para inspeção visual

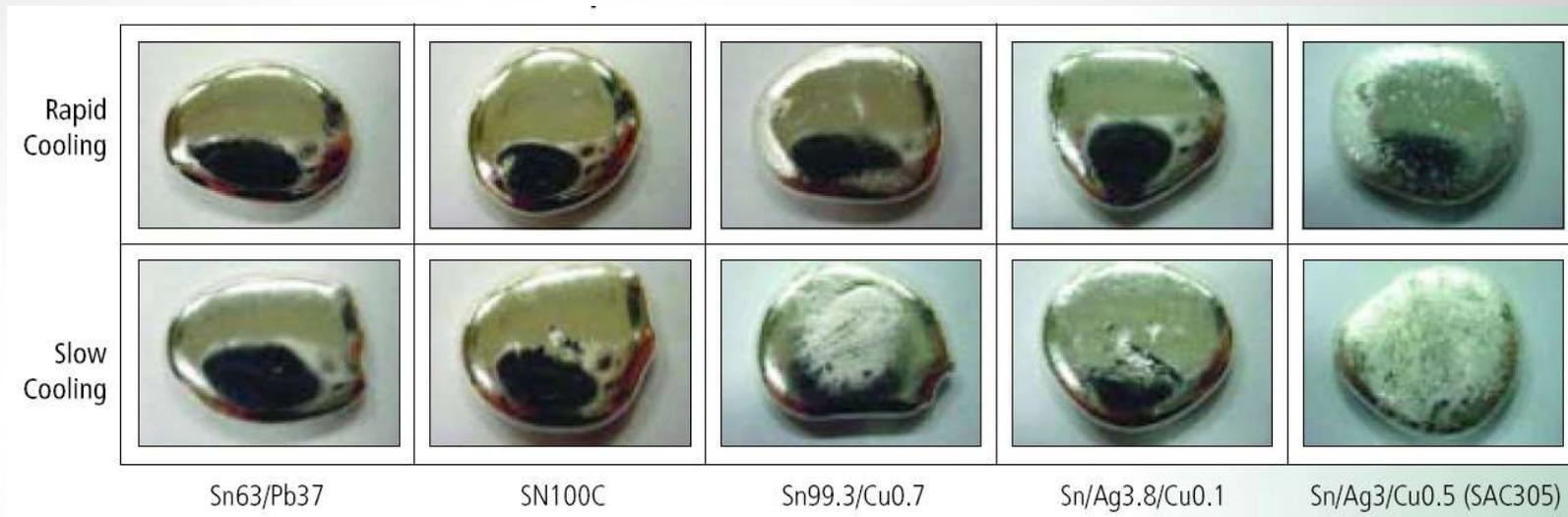


Figura: anúncio publicado na SMT Magazine de agosto de 2006

Desafios para manufatura

Retrabalho/manutenção corretiva:

- Deve haver coerência na liga de solda utilizada para retrabalho.
- Maior dificuldade de fusão e molhamento da solda → pode levar a maiores tempos de aquecimento e danos aos componentes (excesso de temperatura e diferenças de coeficientes de expansão térmica)
- Oxidação da liga de solda
- Problemas na transmissão de calor para a solda

Mais fontes de informação

- www.henkel.com – fabricante de pasta de solda
- www.fujibrasil.com.br – Máquinas para posicionamento de componentes SMD
- www.st.com – fabricante de componentes
- www.ti.com – fabricante de componentes
- www.metallurgy.nist.gov.br – National Institute of Standards and Technology (equivalente dos EUA à ABNT) – divisão de metalurgia
- smt.pennnet.com - SMT magazine

MUITO
OBRIGADO!